



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MOŽNOSTI SPOJOVÁNÍ TRUBKOVÝCH DÍLCŮ

THE OPTIONS OF THE JOINING OF TUBE COMPONENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Maxmilián Holusek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Eva Peterková, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Maxmilián Holusek**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Eva Peterková, Ph.D.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Možnosti spojování trubkových dílců

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Jedná se o vytvoření obecného přehledu možných způsobů vzájemného spojování trubkových dílců.

Cíle bakalářské práce:

Vytvoření obecného přehledu metod vzájemného spojování trubkových dílců či trubek.

Uvést základní principy jednotlivých metod a jejich popis.

Zpracovat výčet výhod a nevýhod daných metod, přehled používaných nástrojů a strojů a v neposlední řadě i příklady použití těchto spojení.

Práce bude doplněna názornou obrázkovou dokumentací a závěry.

Seznam doporučené literatury:

TSCHÄTSCH, Heinz. Metal forming practise: processes - machines - tools. New York: Springer-Verlag, c2006. ISBN 35-403-3216-2.

Handbuch der Umformtechnik: processes - machines - tools. New York: Springer, c1996. ISBN 35-406-1099-5.

SUCHY, Ivana. Handbook of die design: processes - machines - tools. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006. ISBN 00-714-6271-6.

LIDMILA, Zdeněk. Teorie a technologie tváření: processes - machines - tools. Brno: Univerzita obrany, 2008. ISBN 978-80-7231-579-6.

SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. Speciální technologie tváření: Část II. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4220-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

HOLUSEK Maxmilián: Možnosti spojování trubkových dílců

Bakalářská práce je zaměřena na metody spojování trubkových dílců a trubek. Je zde uvedena příprava základních spojovaných materiálů, kde jsou zmíněny nástroje a stroje pro dělení a upravování výchozích polotovarů. Dále jsou představeny jednotlivé metody jako je pájení, svařování, zalisování, lepení a závitové spojení. U každé metody je popsán základní princip, používané stroje a nástroje a výhody společně s nevýhodami. Závěrem je uvedeno několik příkladů využití trubkových dílců v praxi.

Klíčová slova: Pájení, svařování, zalisování, lepení, závity

ABSTRACT

HOLUSEK Maxmilián: The options of the joining of tube components

The bachelor thesis deals with tube components joining methods. In the thesis, the preparation of the tube components is mentioned, as well as its tools and machines for cutting and adjusting the components. Furthermore, the work introduces several joining methods such as soldering and brazing, welding, pressing technology, adhesive bonding and threaded connection. The basic principle is described for each method, as well as using tools and machines plus advantages and disadvantages. In the end, the use of tube components is presented.

Keywords: Brazing, welding, pressing technology, adhesive bonding, threads

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HOLUSEK, Maxmilián. *Možnosti spojování trubkových dílců* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-05-16]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/132179>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Eva Peterková.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Brně dne 21.5.2021

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji paní Ing. Evě Peterkové Ph.D. za věnovaný čas, cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat rodině za podporu během studia.

OBSAH

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	str.

ÚVOD	9
1 PŘÍPRAVA TRUBKOVÉHO POLOTOVARU	10
1.1 Způsob dělení	10
1.2 Úprava stykových ploch	12
2 METODY SPOJOVÁNÍ	12
2.1 Pájení	13
2.1.1 Tvarovky	13
2.1.2 Pájky	14
2.1.3 Tavidla	14
2.1.4 Pájecí soupravy a pájedla	15
2.1.5 Postup pájení měděných trubek	16
2.1.6 Výhody a nevýhody	16
2.2 Svařování	17
2.2.1 Tavné svařování	17
2.2.2 Tlakové svařování	21
2.2.3 Výhody a nevýhody	22
2.3 Zalisování	23
2.3.1 Tvarovky	23
2.3.2 Pracovní nástroje	24
2.3.3 Pracovní postup	25
2.3.4 Výhody a nevýhody	26
2.4 Lepení	26
2.4.1 Příprava	26
2.4.2 Typy spojů	27
2.4.3 Lepidla	27
2.4.4 Výhody a nevýhody	29
2.5 Závitové spojení	29
2.5.1 Armatury	30
2.5.2 Výhody a nevýhody	31
3 POUŽITÍ V PRAXI	32
4 ZÁVĚRY	34

Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	

ÚVOD [1], [2], [3], [4], [5], [6], [7]

V dnešní moderní době se pro trubkové dílce najde široká škála možností, kde je lze uplatnit. Jsou jedním ze základních pilířů konstrukcí stavebních i strojních a představují momentálně těžko nahraditelnou formu přepravy médií, jako je plyn či voda. Chemický nebo energetický průmysl stojí na přítomnosti trubkových dílců, bez kterých se nynější velkovýroba prakticky nedokáže obejít. Na trhu i v praxi se vyskytují dílce různých tvarů, průměrů, tloušťek apod. Existuje mnoho typů trubek z různých materiálů s odlišnými vlastnostmi, jak mechanickými, tak i chemickými, fyzikálními či technologickými. Proto se s postupem času vyvinulo mnoho podobných nebo odlišných metod, kterými je možné tyto dílce spojovat.

Tato bakalářská práce popisuje přípravu výchozího polotovaru pro nadcházející spojení, popis a principy jednotlivých metod, výčet hlavních výhod a nevýhod, nejčastější využívané stroje a nástroje. Nakonec je uvedeno několik případů využití trubkových spojů. Na obr. 1 jsou zachyceny ukázky spojování.



Obr. 1 Ukázky spojování [4], [5], [6], [7]

1 PŘÍPRAVA TRUBKOVÉHO POLOTOVARU [1]

Základním a klíčovým krokem je příprava trubkových dílců pro následné spojování. Patří mezi profilové dílce s uzavřenou dutinou, kdy jsou nejčastěji využívány komponenty kruhového průřezu. Podle potřeby mohou být dílce ohýbány v jedné či více rovinách na strojních nebo ručních ohýbačkách, zkráceny na požadovanou délku a před samotným spojením musí být upraveny stykové plochy.

1.1 Způsob dělení [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18]

Mezi způsoby dělení polotovaru se řadí stříhání a řezání. Řezání trubek se dělí na beztrískové a na třískové, u kterého se musí dbát na následné odstranění třísek z povrchu. V praxi se využívá několik typů strojů či nástrojů, které jsou popsány níže.

- Mechanický řezák trubek – jedná se o ruční uchopovací zařízení, které dělí trubku rotujícím pohybem podél celého jeho obvodu. Před započetím řezání je nástroj přitlačen k trubkovému dílci utahovacím šroubem, aby nedošlo k vyjetí pohybujícího se ostří z řezné dráhy. Po dostatečném počtu otočení dojde k jejímu rozdělení na dvě poloviny a vzniku otřepů na plochách řezu, které je nutné odstranit. Typ a velikost mechanického řezáku se mění se zvětšujícím se průměrem trubky a změnou materiálu. Příklad řezáku na trubky o průměru 3-50 mm je na obr. 2 a ukázka nástroje pro větší průměry na obr. 3.



Obr. 2 Řezák na trubky o průměru 3-50 mm [9]



Obr. 3 Řezák na trubky o průměru 65-100 mm a průměru až 200 mm [10], [11]

- Oblouková a elektrická pila – oba ruční uchopovací nástroje (obr. 4) provozují třískové dělení. Je tedy nutné, aby byly veškeré třísky odstraněny. Pravoúhlý řez musí být po celou dobu kontrolován uživatelem tohoto zařízení. Elektrická pila umožňuje rychlejší a snadnější práci než pila oblouková.

- Kotoučová pila – nástroj pro třískové dělení tyčí a trubek pravoúhlým řezem. Tato zařízení se používá převážně v dílnách a na větších staveništích. Kotoučovou pilu je možné vidět na obr. 5.



Obr. 4 Oblouková a elektrická pila [12], [13]



Obr. 5 Kotoučová pila [9]

- Laser – koncentrovaný paprsek působí na materiál a vlivem vysoké teploty jej taví a zároveň odpařuje v místě řezu. Laserová metoda je velice přesná a způsobuje kvalitní řez, který musí být v některých případech následně opracován, což ale také závisí na typu materiálu, stavu trysky a kvality paprsku. Příklad řezání pomocí laseru je na obr. 6.



Obr. 6 Řezání trubek laserem [15]

- Hydraulické nůžky – zařízení využívá svěrných čelistí, které jsou podle velikosti schopny stříhat trubky většího i menšího průměru. Na obr. 7 je zachycen hydraulický akumulátorový nástroj, jenž dovoluje svobodu pohybu pracovníka. Střih je velice rychle uskutečněn, ale nevýhodou může být deformace konce trubky po provedení střihu, což vyžaduje následnou úpravu před samotným spojením. Deformaci lze omezit výměnou obloukové pohyblivé části nástroje za součást se špičkou, která trubku prorazí a střih je díky tomu dokonalejší.



Obr. 7 Nůžky na trubky [17]

1.2 Úprava stykových ploch [8], [19], [16], [20], [21], [22], [23], [24],

Konec zakráceného polotovaru se obvykle vyskytuje v nedokonalém stavu pro další fázi spojování. Nečistot se lze zbavit například smirkovým papírem nebo drsným kartáčem. Vnitřek i vnějšík je nutné tedy zbavit přebytečných otřepů či nerovností, aby nezpůsobovaly ztrátu tlaku, poškození těsnění nebo vnitřní víření. Možnosti nástrojů a strojů pro úpravu stykových ploch jsou uvedeny v následujících odstavcích.

- Vnitřní-vnější odhrotovač – slouží k rychlému a čistému odhrotování po provedení řezu. Jedna část nástroje je uzpůsobena pro vnitřní začištění a druhá pro začištění vnější. Jednoduchý princip, který se dá definovat jako rotace trubky podél vlastní osy v ose nástroje. Odhrotovač v plastovém provedení je na obr. 8.
- Pilník – jedná se o způsob ručního i strojního vícebřitého nástroje pro mechanické odstraňování nerovností nebo otřepů. Tvar a velikost se volí podle parametrů a materiálu upravované trubky. Princip spočívá v pohybu nástroje po pracovní ploše a zachytávání přebytečného materiálu mezi břity pilníku, které v průběhu vypadávají mimo materiál. Příklad ručních pilníků je na obr. 9.
- Brusky – stroje, které odebírají drobné třísky mnohobřitým nástrojem. Ideální pro začištění vnitřních a vnějších ploch jsou hrotové brusky, viz obr. 10, kde je práce odváděna rotujícím brusným kotoučem, který se pohybuje uvnitř nebo zvenku podél osy trubky.



Obr. 8 Odhrotovač [20]



Obr. 9 Ruční pilníky [22]



Obr. 10 Hrotová bruska [24]

2 METODY SPOJOVÁNÍ [2]

Kvalita spoje a tedy i celková výsledná konstrukce závisí na několika faktorech jako je volba materiálu, prostředí, proudícího média, s čímž souvisí i správný výběr metody. Existuje mnoho způsobů, kterými je možné trubky spojovat a dělí se na skupinu rozebíratelných a nerozebíratelných spojů. Některými metodami lze spojovat dílce větších průměrů, jinými menších. Určité postupy následně vykazují vysokou pevnost či trvanlivost, další mají přednost ve výborném těsnění. Každá metoda má klady i zápory, je tedy nutné vědět, co je od výsledného spoje vyžadováno.

2.1 Pájení [25], [3], [8]

Historie pájení sahá až do roku 3000 před naším letopočtem, kdy se v Egyptě naučili spojovat zlaté předměty tvrdým pájením a o 1000 let později bylo objeveno pájení měkké. Průmyslově je plně využíváno od počátku 20. století.

Jedná se o kapilární proces spojování dvou materiálů, které jsou zahřívány na teplotu, ležící pod jejich bodem tavení. V průběhu dochází k roztavení přídavného materiálu a jeho zatečení do oblasti spoje mezi komponenty, jenž mají být pevně spojeny. Výsledkem je nerozebíratelný spoj, což znamená, že pozdější uvolnění není možné.

2.1.1 Tvarovky [8], [26], [27], [28], [29]

Jako součástka pro spojení nejčastěji dvou či tří trubek se ve velké míře využívá tzv. kapilární pájecí tvarovka (obr. 11). Pájecí mezera, která se nachází mezi tvarovkou a trubicí, musí být úzká natolik, aby dovnitř pájka pronikla i přes gravitační sílu za využití jevu zvaný kapilarita (vzlínavost). Správná velikost tvarovky je dána podle norem. Například k měděné trubce volené podle ČSN EN 1057+A1 je volena tvarovka podle normy ČSN EN 1254-1.

Tvarovky jsou označeny následovně (obr. 12):

- rozměr (vnější průměr trubky)
- zjednodušeně značka kvality
- značka výrobce



Obr. 11 Typy tvarovek [29]

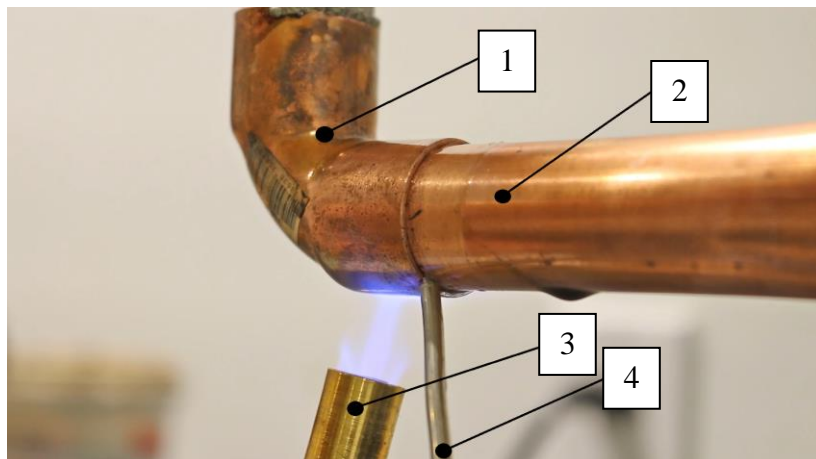


Obr. 12 Značení tvarovek [28]

2.1.2 Pájky [8], [27], [30], [25], [26]

Ke spojení dvou komponentů během pájení dochází přidáváním pájek. Jedná se o kov nebo slitinu kovů tající při nižší teplotě než spojované komponenty. Účelem pájek je zatečení do prostoru mezi spojované dílce a vytvoření pevného spoje. Na obr. 13 je zachyceno spojování měděných trubek.

1. tvarovka
2. trubka
3. hořák
4. pájka



Obr. 13 Pájení měděných trubek [30]

Podle různých teplot tavení se dělí pájky na:

- měkké – tání pájky probíhá do 450°C a to nejčastěji na bázi cínu a olova. Pájky s obsahem olova se nesmí používat při instalaci topení či pitné vody. Měkké pájení se využívá spíše u spojů s nižším zatížením,
- tvrdé – tání pájky nad 450°C, nejčastěji na bázi mědi, stříbra, zinku či cínu. Tvrdé pájení se naopak využívá pro více zatěžované spoje.

Jejich balení nese toto značení:

- značku výrobce nebo dodavatele,
- zkratku pájky,
- značku kvality RAL ,
- ČSN EN ISO 9453 (pájky pro měkké pájení), ČSN EN ISO 17672 (pájky pro tvrdé pájení).

2.1.3 Tavidla [27], [8], [25], [31], [32], [67], [26]

Během procesu pájení se využívá přípravků zvaných tavidla. Obsahují nekovové látky (chloridy, fluoridy, bór atd.), které se nanáší přímo na očištěnou spojovanou část. Během pájení brání vzniku oxidů a jejich novému šíření na povrchu materiálu a snižuje povrchové napětí pájky, což výrazně zlepšuje její smáčivost a tedy zatečení a spojení se základním materiálem. Tavidla se vyskytují ve více formách jako např. v prášku (borax), kapalině nebo pastě, viz obr. 14. Pasty jsou složeny z tavidla, měkké pájky a pojiva, čímž vzniká krémová struktura.

Tavidlo není zapotřebí při tvrdém pájení mědi s obsahem fosforu. Fosfor zde zastupuje roli samotného tavidla, který je obsažen v pájce.

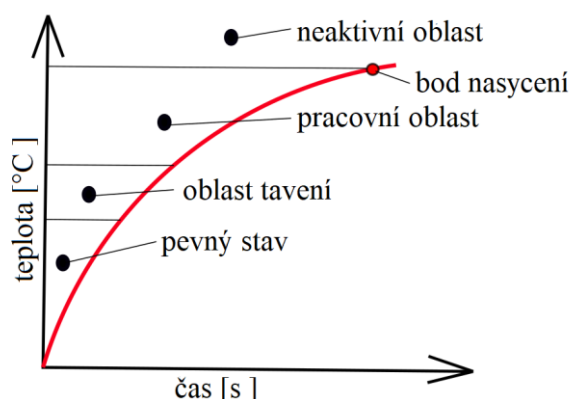
Tento přípravek se ve své oblasti tavení taví a po přechodu do pracovní oblasti se stává aktivním. To znamená, že se roztéká ve spoji po materiálu a redukuje oxidy. V této fázi musí dojít k zatečení pájky, protože tavidlo je po 3-4 minutách nasyceno oxidy a přestává tak fungovat. Bod, kdy přestává tavidlo působit se nazývá nasycený. Jeho funkčnost také končí při teplotě vyšší než je teplota pracovní. Tento průběh je viditelný na obr. 15.

Existuje několik typů tavidel. Jejich volba závisí na způsobu pájení a materiálu pájených trubek. Každý tento přípravek je správně označen. Etiketa musí tedy obsahovat:

- značku výrobce nebo dodavatele,
- zkratku typu tavidla,
- značka kvality RAL,
- značku DVGW (Německý technický a vědecký svaz pro plyn a vodu) - tato značka potvrzuje, že zbytky tavidla k měkkému pájení jsou rozpustné ve vodě,
- ČSN EN ISO 9454-1 (tavidla nebo pasty pro měkké pájení), ČSN EN 1045 (tavidla pro tvrdé pájení) .



Obr. 14 Tavidlo pro pájení [32]



Obr. 15 Chování tavidla při pájení [31]

2.1.4 Pájecí soupravy a pájedla [8], [33], [34], [35]

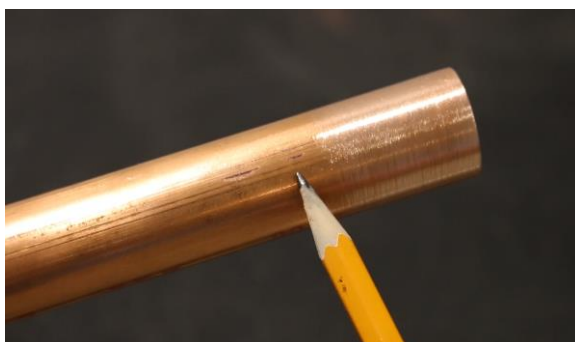
K uvedení pájky na teplotu tání slouží různé typy strojů a zařízení. Při tvrdém pájení je požadována větší pracovní teplota než u pájení naměkko. Vyšších teplot ohřevu se dosahuje nejlépe při použití pájecích souprav s hořákem a směsí plynů jako je acetylen-kyslík či propan-kyslík. Propan-vzduch je vhodný pro nižší teploty tavení, tedy pro pájení naměkko, stejně tak se pro tyto teploty mohou využívat i elektrické odporové pájecí zařízení, viz obr. 16. Méně jsou vyhledávána benzinová pájedla, u kterých je vyžadována opatrná manipulace a zkušenosti.



Obr. 16 Hořák na směsi acetylen-kyslík a elektrický odporový pájecí přístroj [34], [35]

2.1.5 Postup pájení měděných trubek [30]

První krok je příprava stykových částí materiálu. Odstranění otřepů či nečistot, které by mohly způsobit problém při vytváření spoje nebo jeho následné poškození, viz obr. 17a. Jakmile jsou obě plochy připravené, dochází k nanesení tavidla (obr. 17b) a spojení částí. Poté nastává zahřívání té části, do které má pájka zatékat. Ideální je začít pájet směrem zespodu nahoru. V opačném případě dochází vlivem gravitační síly ke stečení pájky směrem dolů, a jelikož spodek spoje není dostatečně zahřátý, nedochází k zatečení pájky, nýbrž k zatvrdnutí na přechodu materiálů. Postupně se tedy zespodu k vrchu zahřívá spoj a po obvodu přidává pájka (obr. 17c), která zatéká mezi materiály. Po dokončení spoje se nechá vychladnout a následně začistí od nečistot či zbylého tavidla. Výsledný spoj je na obr. 17d.



a)



b)



c)



d)

Obr. 17 Postup pájení [30]

2.1.6 Výhody a nevýhody [36], [37]

Pájení, jako každá spojovací metoda, s sebou nese klady i zápory. Využívá méně energie a výhodou tohoto procesu je možnost spojení odlišných materiálů, které nejsou možné například svařit. Díky nižšímu zahřátí dílců nedochází ke změně struktury nebo jejich mechanickým vlastnostem či vnitřnímu pnutí ve spoji. Výsledek pájení zaručuje tepelnou vodivost a vodotěsnost.

Nevýhodou je naopak nižší pevnost pájených spojů, což vede k volbě jiné spojovací metody. Před samotným procesem musí být stykové plochy řádně upraveny a očištěny, což bývá někdy zpravidla náročné. Spoje jsou kvůli odlišnosti materiálu pájky a trubek náchylnější ke korozi. Metodu pájení nelze využít v případě, kdy bude spoj podléhat vysokým teplotám.

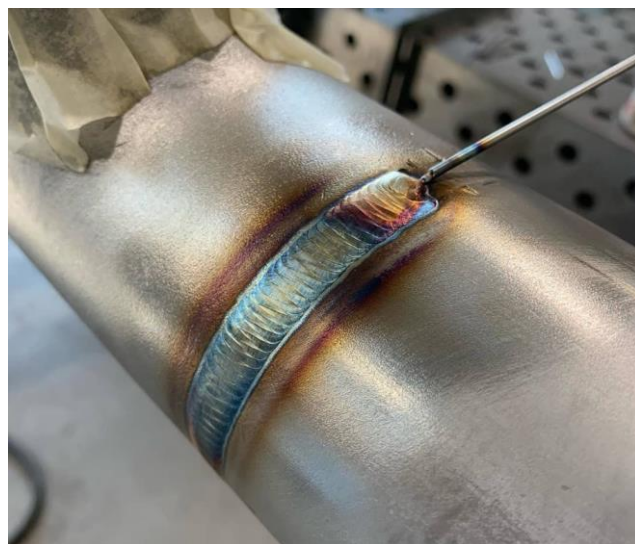
2.2 Svařování [38], [39], [40], [41]

Historie svařování sahá hluboko do období před naším letopočtem. Zpočátku byl první známý způsob kovářské svařování, které se vyvíjelo spolu se zpracováváním kovů. Postupně s rozvojem průmyslu, objevem elektrického oblouku a vynálezem hořáku pro kyslíko-vodíkový plamen byly na počátku 19. století položeny základy pro svařování elektrickým obloukem a plamenem. Velký impuls pro rozvoj těchto metod, zejména elektrickým obloukem, byly obě světové války 20. století. Druhá polovina 20. století dala základy metodám, jako jsou svařování laserem či elektronovým paprskem. S dnešními možnostmi využití robotizovaného sváření je umožněna realizace takových metod, které by byly pro ruční svářeče obtížně proveditelné nebo i nemožné. I když se zdá, že je tento způsob spojování jakkoliv probádaný, stále dochází k vývoji nových metod, například kvůli potřebě spojování různorodých materiálů.

V podstatě se jedná o proces, který slouží k vytvoření nerozebíratelného, pevného, trvalého spoje dvou a více dílů s využitím tepelné, mechanické či radiační energie. Princip technologie svařování spočívá ve vytvoření určitých termodynamických podmínek, kdy je umožněn vznik nových meziatomových vazeb. Spojování za běžné teploty a tlaku, kdy je termodynamický stav materiálu stabilní, je vysoce obtížné. Kvůli tomu je nutné během procesu působit tlakem, teplem nebo oběma zároveň. Vychází se ze závislosti, čím více tepla, tím je potřeba méně tlaku a naopak. Metody svařování se liší podle typů spojů a lze je rozdělit na dvě hlavní skupiny: tavné svařování a tlakové svařování.

2.2.1 Tavné svařování [38], [42], [43], [44], [45], [46], [47], [48], [49], [50], [51], [52], [53]

Při tavném svařování dochází k vytvoření svaru dodáním energie ve formě tepla, která taví základní materiál aniž by bylo využito tlaku či rázu. Ve většině případů se používá přídavný materiál stejného nebo podobného chemického složení jako materiál základní. Vzniklá tavná lázeň musí být chráněna před vlivem prvků, které se vyskytují volně v okolní atmosféře nebo na ploše svaru. Zpravidla se jedná o kyslík a dusík. Ochrany je dosaženo tavidlem nebo plynem, který je buď dodán či vytvořen během procesu sváření. Lázeň se zbavuje nečistot za pomoci tvorby strusky, jež vzniká reakcí tavidel a nežádoucích plynů. Příklad tavného svaru je na obr. 18. Existuje více metod vhodných k tavnému svařování trubkových dílců.



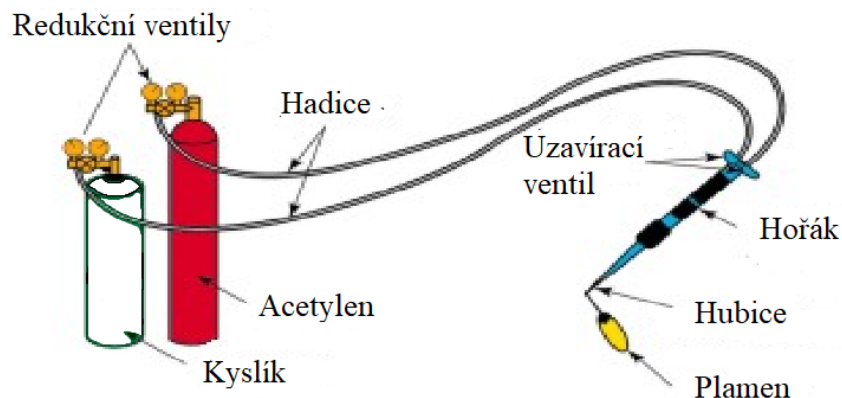
Obr. 18 Tavný svar [44]

V této práci je podrobněji popsáno svařování plamenem a elektrickým obloukem.

- Plamenové svařování - jedná se o metodu, kde je zdrojem tepla plamen, jenž vzniká spalováním směsi hořlavého plynu. Kvůli velmi dobrým vlastnostem je pro svařování ideální acetylén. Vyznačuje se vysokou teplotou plamene, rychlostí ohřevu a lehkostí. U případného úniku stoupá do atmosféry. Nejčastěji se využívá v kombinaci s kyslíkem.

Zařízení pro svařování plamenem je zobrazeno na obr. 19 a obsahuje níže popsané části. Dále jsou tu uvedeny i pomocné prvky nutné pro správnou a bezpečnou realizaci procesu.

- Tlakové lahve – slouží pro manipulaci a dopravu plynů. Každá láhev je označena barevným pruhem u hrdla nebo může být nabarvená celá nádoba. Dle normy ČSN EN 1089-3 symbolizuje bílá barva kyslík a kaštanová acetylén. Kyslíkové lahve mají pro tlak 200 barů tloušťku stěny 8 mm a 3 mm mají lahve pro acetylén. Musí být zajištěny proti pádu, nevhodné manipulaci či kontaktu s plamenem. Vzdálenost lahve a otevřeného ohně musí být minimálně 3 metry.
- Lahvový ventil – zařízení využívané k uzavření, plnění nebo vyprazdňování lahví. Jejich otevření je možné plynule, ručně bez využití náradí. Nejde-li ventil otevřít, je nutné láhev vrátit dodavateli.
- Redukční ventil – slouží ke snížení tlaku plynu v láhvi na tlak pracovní a následně k jeho udržení, kdy tlak plynu v nádobě klesá. Obsahuje vysokotlakový manometr, který určuje tlak v láhvi, a nízkotlakový manometr, jenž kontroluje tlak pracovní.
- Hadice – užívají se pro vedení plynu z ventilu do hořáku. Obsahují textilní vložku a jsou barevně odlišeny. Modrá, v některých případech černá, pro kyslík a červená pro acetylén.
- Suchá předloha – obsahuje čtyři bezpečnostní prvky: zpětný ventil proti zpětnému proudění plynu, zhasací vložka brání zpětnému šlehnutí plamene, tepelný a tlakový uzavírací ventil. Montuje se za redukční ventil.
- Hořák – zařízení sloužící ke smísení kyslíku s hořlavým plynem. Tím vzniká svařovací plamen u hubice, který lze regulovat a tvarovat pomocí rukojeti s regulačním ventilem. Druhy, charakteristika, využití a rychlost plamene jsou uvedeny v Tab. 1. Používají se hořáky injektorové a rovnotlaké. Při užití injektorového hořáku je hořlavý plyn nasáván kyslíkem, který je pod velkým tlakem. Při použití rovnotlakého hořáku dochází k mísení plynů za stejného tlaku.
- Tavidla – vyrábí se ve formě prášků, roztoků či past. Nanesením na svařovaný materiál zabráňují jejich oxidaci.
- Ochranné brýle – tmavost skla umožňuje sledování procesu a ochranu před rozstříkáním kovu.
- Přídavný materiál – používá se drát stejného nebo podobného chemického složení a mechanických vlastností jako základní spojované komponenty.



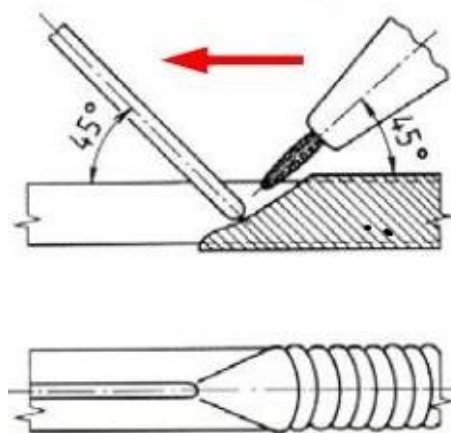
Obr. 19 Svařovací souprava [48]

Tab. 1 Druhy, charakteristika, využití a rychlost plamene [38]

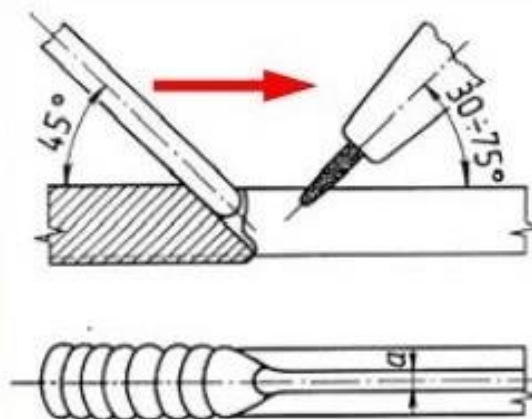
Druh plamene	Charakteristika	Příklady využití	Rychlost [m/s]
neutrální	spalování stejného množství kyslíku	ocel, slitiny niklu a mědi	-
s přebytkem acetylénu	spalování se zvýšeným obsahem acetylénu	hliník, hořčík a jeho slitiny	-
s přebytkem kyslíku	spalování se zvýšeným obsahem kyslíku	mosaz, bronz	-
ostrý plamen	vysoká výstupní rychlost plynů	-	120
střední plamen	ideální výstupní rychlost plynů	-	100-120
měkký plamen	malá výstupní rychlost plynů	-	70-100

Existují dvě základní techniky plamenového svařování.

- Svařování vpřed - jako první postupuje přídavný materiál a potom hořák nakloněný pod úhlem, viz obr. 20. Plamen sice přehřívá základní spojovaný materiál, ale nechrání jej. Svařování vpřed je méně náročný proces, ale hrozí nebezpečí nedokonale provařeného kořene svaru kvůli předbíhání svarové lázně. Použitelné pro ocelové trubky do 4 mm silné stěny.
- Svařování vzad – jako první postupuje hořák, potom přídavný materiál, který tvaruje povrch svarové housenky. Plamen směřuje pod úhlem na tavnou lázeň a na vznikající svar, viz obr. 21. Ten je díky ohřevu chráněn spaliny před účinky okolní atmosféry a zároveň se snižuje rychlost jeho chladnutí. Svařováním vzad dochází k tvorbě kvalitnějšího svaru, provaření kořene, vzniku menšího pnutí a deformace. Lze použít pro svaření ocelových trubek s tloušťkou stěny od 4 mm.



Obr. 20 Svařování vpřed [38]



Obr. 21 Svařování vzad [38]

- Svařování elektrickým obloukem – jedná se o jednu z nejpoužívanějších metod svařování, kdy hlavním zdrojem tepla je elektrický oblouk mezi anodou a katodou, který hoří na styku elektrody a spojovaných materiálů. Během svařování se používá stejnosměrný nebo střídavý proud. Zdrojem stejnosměrného proudu jsou točivé svařovací agregáty a zdrojem střídavého proudu bývají svařovací transformátory. Používané elektrody se dělí na tavné a netavné, přičemž je z názvu patrné, že tavné elektrody se ukládají do svaru a netavné pouze slouží jako prostředek ke vzniku oblouku a následnému natavení přídavného

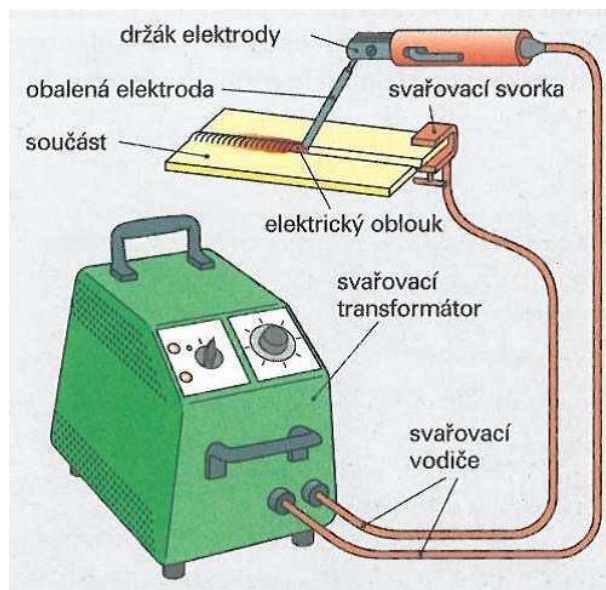
materiálu do tavné lázně. Elektrický oblouk vyzařuje intenzivní světelné a UV záření, proto je důležité chránit zrak nejlépe svářečským štítem.

Metody vhodné pro svařování trubkových dílců jsou dále podrobněji popsány.

- Svařování ruční obalenou elektrodou – jedná se o nejstarší metodu obloukového sváření, která si stále drží své místo ve svářecím odvětví díky své flexibilitě, možnosti svařovat ve všech polohách a dostupnosti.

Během hoření oblouku dochází k tavení elektrody, kov se ukládá do tavné lázně a tvoří se svar. Obalené elektrody mají jádro z drátu a obal, který zastává několik podstatných funkcí. Obal při hoření vytváří plyn, který funguje jako ochrana před přístupem kyslíku a dusíku z okolí do svarové lázně. Dále usnadňuje zapalování a hoření oblouku, či zlepšuje metalurgické vlastnosti svaru.

Taktéž z obalu elektrody dochází k tvorbě strusky, jenž slouží opět jako ochrana svaru před okolní atmosférou při chladnutí a eliminuje vznik teplotních pnutí. Struska tuhne na povrchu svaru a je nutné její následné odstranění. Během samotného svařování je nutností, aby tavná elektroda byla lehce skloněna proti svarové housence, jinak by struska předběhla elektrický oblouk a vytvářely by se struskové vměstky ve svarovém kovu, tedy vada svaru. Souprava pro svařování ruční elektrodou je na obr. 22.



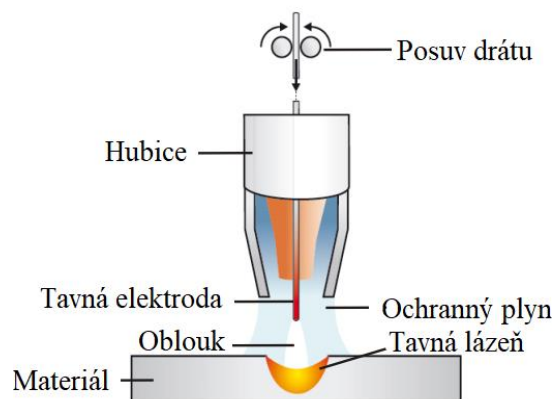
Obr. 22 Svařování obalenou elektrodou [50]

- Svařování MIG/MAG – MAG (Metal Active Gas) patří k nejčastěji používaným metodám svařování nelegovaných či nízkolegovaných ocelí. Jde o svařování kovů v ochranné atmosféře aktivního plynu. Jako ochranný plyn se využívá oxid uhličitý nebo směs se základem argonu. MIG (Metal Inert Gas) se stává stále více a více vyhledávanější metodou vzhledem k růstu konstrukcí vyráběných z hliníku. Jedná se o svařování v ochranné atmosféře inertního plynu, kterým je argon, helium nebo jejich směs. MIG i MAG využívají stejného svařovacího zařízení, jen se mění druh plynu, viz obr. 23.



Obr. 23 MIG/MAG zařízení [51]

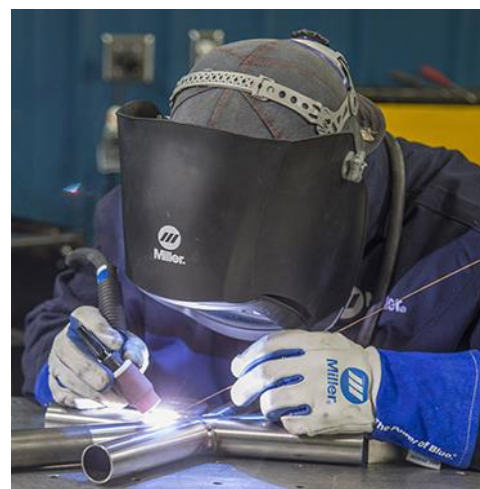
Princip spočívá v hoření oblouku mezi tavnou elektrodou, která se ukládá do svarové lázně, a svařencem v ochranném plynu, viz obr. 24. Přídavným materiálem, tedy elektrodou, je plný nebo trubičkový drát o průměru 0,6 - 2,4 mm. Ten se nachází pod napětím a je posouván podavačem do hubice. Ochranný plyn opět brání přístupu vzduchu do svařované oblasti a předchází tím oxidaci, vnitřnímu prnutí nebo propálení. Také urychluje proces, napomáhá hoření oblouku a zlepšuje povrch svaru.



Obr. 24 MIG/MAG [52]

- Svařování WIG (TIG) – TIG (Tungsten Inert Gas) spočívá v hoření oblouku mezi hlavním materiálem a netavicí elektrodou. Ty jsou vyráběny z wolframu s teplotou tavení 3380°C. Elektrody jsou v čisté formě s 99,9% W nebo s přísadou legovaných oxidů kovů, které snižují teplotu ohřevu, zlepšují životnost a vznik oblouku. Před vlivem atmosféry chrání průběh svařování inertní plyn s vysokou čistotou, který také udržuje stabilitu oblouku. Využívá se argonu či hélia a jeho směsí. Tenké materiály je v některých případech možno spojovat bez přídavného materiálu, ten je ale se zvětšující se tloušťkou komponent nezbytný. Do oblouku jej lze ve formě drátu přivádět ručně (obr. 25) nebo automaticky pomocí podavače drátu. Materiál drátu a svařených dílců musí být stejný.

Svařování probíhá střídavým proudem pro hliník, hořčík a jeho slitiny, nebo stejnosměrným proudem pro středně a vysokolegovanou ocel, měď, titan, jejich slitiny a další. Tato metoda je vhodná pro materiály náročné ke svaření jako je například zmíněný titan. U stejnosměrného proudu je elektroda zapojena záporně a základní materiál kladně. Teplo je rozděleno tak, že více ho je vytvářeno na základním materiálu, díky tomu nedochází k přetížení elektrody. U střídavého proudu je polarita obráceně, aby došlo k čistícímu účinku při svaření hliníku, který má na povrchu vrstvu oxidu hlinitého, jenž má vyšší teplotu tavení než samotný hliník a v průběhu svařování stejnosměrným proudem brání samotnému spojení.



Obr. 25 TIG svařování [53]

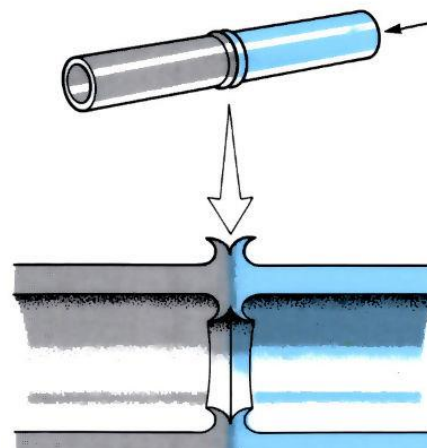
2.2.2 Tlakové svařování [38], [42], [54], [55], [56], [57], [58]

Během tlakového svařování dochází k vytvoření spoje v tuhém či plastickém stavu vlivem silového působení kontaktních ploch ve vzdálenosti parametru krystalové mřížky. Zejména se jedná o využití tlaku, tření nebo exploze. Tyto pochody zahřívají spojovaný materiál, který je následně tlakem svařen. K vytvoření spoje tedy dochází bez příchodu vnějšího tepla s výjimkou indukčního a difúzního svařování.

Mezi méně využívané metody ke svařování trubek patří níže zmíněné metody.

- Svařování třením – princip spočívá v pohybu dvou souosých spojovaných součástí, kdy jedna provádí rotační pohyb a druhá je pevně uchycena bez jakéhokoliv otáčivého pohybu, nebo rotuje směrem opačným. Díly na sebe působí tlakovou silou, což způsobuje v kombinaci s rotací vznik hlavní třecí síly. Vytvářená mechanická energie se v průběhu procesu přeměňuje na tepelnou. Vysokým tlakem dochází k plastické deformaci konců pevně uchycených komponent v zařízení, promísení kovů a tvorbě spoje. Během svařování se přitlačnou silou na svaru z vnější i vnitřní strany vytváří výronek, viz obr. 26, který je dle nutnosti odstraněn.

Metoda je považována za šetrnou k životnímu prostředí. Není zapotřebí žádná vnější tepelná energie např. z propanových hořáků, přídavných materiálů, tavidel a v průběhu se nevytváří přebytečný plyn. Vzhledem k malé citlivosti na chemické složení je možné spojovat i odlišné druhy materiálů, které například svařování tavné považuje za nespojitelné. Díky možnosti nastavení přitlačné síly, rychlosti rotace a času procesu se nabízí automatizace samotného svařování bez lidského zásahu.



Obr. 26 Tvorba výronku [58]

- Svařování výbuchem – jedná se o nekonvenční techniku spojování dílců pomocí kontrolovaného výbuchu výbušniny na povrchu svařovaného materiálu, který vyvine dostatečně velký tlak k vytvoření spoje. Při detonaci prochází kovem rázová vlna dosahující velikosti amplitudy 10 až 100 GPa, jenž způsobuje plastickou deformaci a svařovaná součást tak vysokou rychlostí přiléhá k základnímu materiálu. Proces lze uskutečnit ve vakuu i na vzduchu a jako trhavina se nejčastěji využívá SEMTEX.

2.2.3 Výhody a nevýhody [38], [42], [59], [60]

Spoje provedené svařováním se vyznačují vysokou pevností, těsností, odolností a celkovou kvalitou. Tvorba je rychlá a ve většině případů bez složitého opracovávání stykových ploch. Zvolením správné metody svařování lze spojovat stejné či odlišné materiály velkých i malých průměrů. Je-li potřeba oprava části trubkového systému, umožňuje svařování úpravu přímo na místě i v obtížnějších polohách. Výhoda automatizace nabízí vyšší produktivitu, bezpečnost pracovníků i kvalitu výsledného svaru.

Všechny metody svařování vytváří nerozebíratelný spoj, proto nejsou vhodné pro konstrukce, u níž je v budoucnosti očekávána výměna nebo rozložení. Během procesu dochází ke změně struktury a tedy i mechanických vlastností, tvorbě deformací, vnitřního pnutí a případných vnitřních vad svaru, u kterých v případě nutnosti musí být provedena např. rentgenová kontrola kvality. Pro provedení svaru je nutná kvalifikace uživatele svařovacího zařízení.

2.3 Zalisování [61], [62]

Základ lisování trubek byl dán v Evropě v 50. letech 20. století a od 80. let si metoda začala budovat své silné zastoupení mezi metodami ostatními. Dokonce se i v některých případech stala jejich plnohodnotnou náhradou po zvážení celkové efektivity. Postupem času se technika rozšířila na veškerou uhlíkovou a ušlechtilou ocel, měď, mosaz atd.

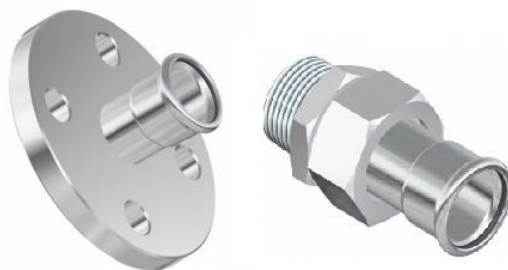
V dnešní době se jedná o jednu z nejčastějších metod spojování trubkových systémů pro rozvod vody a tepla. Těsný, nerozebíratelný spoj vzniká za studena, tedy bez jakéhokoliv přísunu vnějšího tepla. Princip spočívá v působení vysokého tlaku vhodně zvoleným lisovacím nástrojem na tvarovku, která je nasunutá na trubce. Ta se deformuje a přitlačuje právě k základní trubce, jenž se podle druhu materiálu taktéž může deformovat, čímž vzniká výsledné spojení.

2.3.1 Tvarovky [61], [63], [64], [65], [66], [67], [68], [69]

Tvarovky nebo také fitinky jsou součástky potřebné ke spojení dvou a více trubek. Vyrábí se z mědi, uhlíkové a nerezové oceli atd. Jejich rozměr je volen podle průměru trubky a to správně tak, aby mezi nimi byla minimální vůle. Pro snadnější nasouvání lze využít jako mazadlo obyčejnou vodu. Vyrábí se pro trubkové dílce o průměru od 12 do 108 mm s pracovním tlakem do 16 barů a provozní teplotou do 220°C. Na svém povrchu obsahují označení výrobce, barevné rozlišení, velikost průměru, v určitých případech značku DVGW (Německý technický a vědecký svaz pro plyn a vodu) a interní kódování. Žlutou barvou je značen plyn, zelenou solární stlačený vzduch, černou pitná voda společně se stlačeným vzduchem a červenou průmyslové využití schváleno dodavatelem. Pro další využití jako např. vytápění je v katalogu dodavatele uvedené příslušné doporučení typu tvarovky. Postupem času se s vývojem zvedl i počet typů lisovacích fitinek. Vedle základních, jako je např. přímá spojka nebo koleno (obr. 27), se řadí i přechody z lisování na přírubu nebo normalizovaný závit (obr. 28).



Obr. 27 Přímá spojka a koleno [63]



Obr. 28 Příruba a šroubení [63]

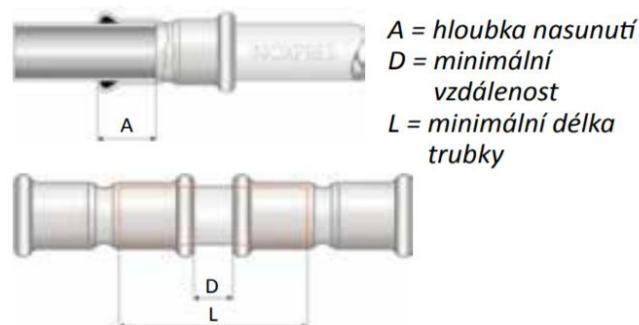
Součástí fitinky standartně bývá gumový těsnící kroužek (obr. 29), který má obvykle stejné barevné rozlišení. Zvětšuje těsnící plochu až o desítky procent a musí být před samotným zalisováním dobře zkontrolován, zda není poškozený nebo jestli neobsahuje nečistoty.

Lisovací tvarovky se dají rozdělit na dva typy. V-kontur a M-kontur. Co se týče kvality a vlastností, jsou na tom zcela stejně. Mají stejná maxima provozního tlaku a teploty, tlaková síla k vytvoření spoje je v obou případech totožná a lze je zalisovat stejným nástrojem jen s odlišnými čelistmi nebo řetězem. Z vizuálního hlediska jsou lehce odlišné.



Obr. 29 V-kontur s těsněním [69]

V-kontur obsahuje navíc na konci válcovité prodloužení, což je viditelné na obr. 29. Na obr. 27 je zachycen M-kontur, který toto rozšíření nemá. Většina příruček obsahuje hodnoty pro ideální zavedení, viz obr. 30, což umožňuje dosažení nejlepší pevnosti výsledného spojení, ale zároveň to může snižovat optickou kontrolu kvality spoje. Nelze plnohodnotně určit, která možnost je výhodnější, proto volba zůstává na samotném uživateli.

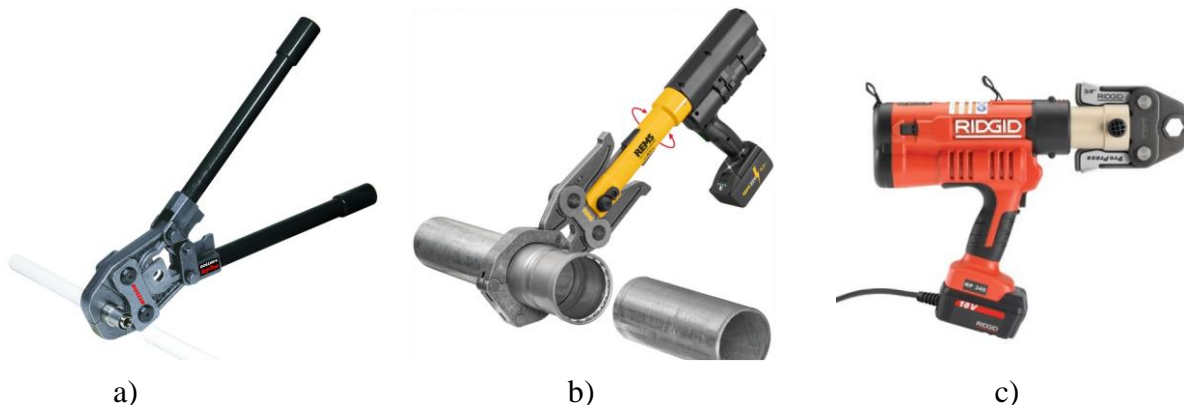


Obr. 30 Hloubka nasunutí a délka trubky [61]

2.3.2 Pracovní nástroje [70], [71], [72], [61], [63], [64], [73], [74]

Jedná se o zařízení potřebné k zalisování tvarovky s trubkou. Dělí se na mechanické (obr. 31a), akumulátorové (obr. 31b) a síťové (obr. 31c). Právě poslední dva zmíněné typy jsou na trhu v dnešní době nejžádanější. Mezi značky, které tyto elektro-hydraulické kleště poskytují, patří např. VIEGA, RIDGID, Rothenberger nebo REMS. Hydraulické zařízení obsažené v nástroji způsobuje tlakovou funkci čelistí nebo smyček. Akumulátorové nástroje umožňují uživateli volnost pohybu, nastavení obtížných pozic, ale zároveň je jejich výdrž limitována kapacitou baterie, což lze bez problému vyřešit baterií záložní. Naopak síťová zařízení poskytují nepřetržité lisování pomocí zdroje napájení (230 V). Většina automatických nástrojů přestává pracovat, jakmile je spoj dostatečně silně zalisován a vrací se zpět do původní polohy. Této funkci se říká ACC (nucený zpětný chod) a moderní lisovačky ji obvykle obsahují. Samotní výrobci doporučují aktivním pracovníkům každoroční kontrolu nástroje v servisních střediscích, aby se předešlo případným komplikacím v praxi.

Aby byl výsledný spoj kvalitní, musí se zvolit správný nástroj podle lisovací síly, která je stanovena výrobcem. Dále je potřeba vybrat vhodný typ a tvar kleští podle zvolené lisovky a tedy průměru. Pro rozměry do 35 mm postačí lisovací čelisti. Nad 35 mm musí být ve většině případů zvolena lisovací smyčka, která se upíná okolo celého obvodu tvarovky, viz obr. 31b. Převážná část čelistí a smyček se může používat na více nástrojích i od různých značek, protože je jejich výrobci mají v dnešní době standardizovány. Rozměry do 54 mm vyžadují posuvací pístovou sílu stlačení 32 kN a nad 54 mm je potřeba síla větší. Na menší a snadnější spoje postačí tedy mechanická zařízení, která jsou cenově přijatelnější než nástroje automatické, jenž se pohybují cenově v řádech desetitisíců.



Obr. 31 Lisovací nástroje [72], [74], [73]

Na kvalitu spoje mají z hlediska čelistí a smyček vliv tyto faktory:

- umístění – zařízení musí dosednout na vyboulení tvarovky,
- jejich údržba – čistota a potřebná lubrikace olejem,
- typ – každý průměr má svou vlastní čelist nebo smyčku, která se taktéž liší pro V-kontur a M-kontur.

2.3.3 Pracovní postup [61], [8], [75], [76]

Podle průměru a materiálu spojovaných trubek se volí tvarovky a pracovní nástroj. Trubkové dílce musí být odhroťovány a začištěny, aby nedošlo k poškození těsnicího kroužku, jenž je taktéž zkontrolován. Následuje označení zásuvné hloubky fixem na trubce, viz obr. 32a, která je obvykle zaznamenána v příručce výrobce. Dále dochází ke společnému zasunutí, kdy musí být bezprostředně po vložení vidět značka hloubky těsně vedle konce tvarovky. Pokud se tak nestane, není zaručena mechanická pevnost. Dalším krokem je nasunutí vhodného nástroje (obr. 32b), přičemž drážka čelisti nebo smyčky musí sedět přesně na vyboulení tvarovky, viz obr. 32c, pod kterým se nachází těsnění, které při deformaci má tendenci se vracet zpět do původního stavu, což vytváří trvalou těsnost spoje. Poté dochází k provedení zalisování, jenž je po skončení zkontrolováno, zda nedošlo při procesu k posunutí fitinky nebo nedostatečnému stlačení. Lisovací nástroj musí být po celou dobu v poloze kolmé k hlavní ose trubky a tvarovky, aby došlo bezchybnému zalisování. Pokud se spoj nachází v nedokonalém stavu, viz obr. 32d, tedy netěsní vnitřní kapalinu či plyn, je možné jej znovu kleštěmi případně smyčkou stlačit a zamezit tak případnému nebezpečí nebo ztrátám. Nakonec se obvykle spoj značí např. písmenem X, aby bylo na první pohled vidět, že byl zalisován.



a)



b)



c)



d)

Obr. 32 Postup zalisování [76]

2.3.4 Výhody a nevýhody [61], [77], [78]

Metoda zalisování nevyžaduje kvalifikaci pracovníka, jen dodržení správného postupu a parametrů. Její rychlost se podle průměru pohybuje v řádech sekund. Zpravidla se tedy jedná o velice silné a spolehlivé spojení. Rozhodně jako žádané plus se jeví i flexibilita metody, jelikož ji lze využít na většinu v praxi používaných materiálů. Vzhledem k nulovému riziku popálení nebo uhození elektrickým proudem se jedná o bezpečnou metodu, která je užitečná i ve smyslu opravy, protože ji lze provést na mokřém povrchu.

Výsledný spoj se nachází v nerozebíratelném stavu a nelze jej tedy jednoduše odpojit. Omezené průměry trubkových dílců, které lze metodou spojovat, neumožňují zalisování větších či menších průměrů. Tehdy je pracovník nucen si zvolit jinou cestu. Jako nevýhoda se taky ukazuje nutnost použití nástroje schváleného výrobcem, a to o správném rozměru, jinak nedochází k ideálnímu zalisování a nastává porucha mechanické pevnosti.

2.4 Lepení [79], [80], [81]

Historie lepení sahá hluboko do doby před naším letopočtem, kdy si tamější lidé uvědomili schopnost spojování pomocí přírodních látek jako např. pryskyřice nebo kaučukového latexu. Zpočátku byli schopni lepit základní materiály jako je dřevo nebo keramika, ale s rozvojem chemie přišel i posun technologie lepení, což umožnilo výrobu nových doposud neznámých lepidel, které už dokázaly spojovat materiály jako jsou plasty nebo různé druhy kovů. V dnešní době existuje mnoho druhů technologií lepení, ale věda stále nabízí novější inovace, jak posunout metodu opět o kus dopředu, aby v určitých průmyslových odvětvích mohla konkurovat ostatním metodám spojování.

Lepení je technologický postup spojování dvou a více komponent stejného či odlišného materiálu pomocí lepidla, což je látka vytvářející nerozebíratelné spojení. Hlavní roli hraje adheze materiálů a koheze pojiva. Tedy přilnavost kovů a soudržnost molekul lepidla.

2.4.1 Příprava [82], [80], [81], [83], [84]

Pro lepení je velice důležitá příprava stykových ploch, kde bude aplikováno lepidlo. Musí být odstraněny veškeré případné ochranné nátěry, kovové otřepy a nečistoty, protože by v případě jejich existence ve spoji nedošlo k pevnému zalepení. Celková povrchová úprava se volí podle druhu materiálů komponent, lepidla, provozních požadavků apod. Kromě využití smirkového papíru nebo brusných kotoučů se pro začistění a zdrsnění stykových ploch zapojuje i metoda pískování, kdy vzduch pod vysokým tlakem vhání brusný materiál (zrnka písku) směrem k povrchu, jenž má být začistěn. Pískování je velice účinné proti všem formám nečistot včetně koroze. Souběžně opracováváný materiál odmašťuje a tedy připravuje na proces lepení nebo případný nátěr. Trubky před a po pískování jsou viditelné na obr. 33.

Po začistění a kompletním opracování ploch přichází čas na využití odmašťovadel. Používají se alkalická odmašťovadla, tamponová rozpouštědla a odmašťování v parách rozpouštědel. Mezi vhodné a praxi nejčastěji využívané prostředky patří IPA (izopropylalkohol), aceton nebo MEK (metyletylketon). Naopak není použitelný benzin nebo jakákoliv látková rozpouštědla.

Jakmile je příprava dokončena, je nutností co nejdříve přejít k samotnému lepení, protože u většiny materiálů dochází v krátké době k oxidaci povrchu.

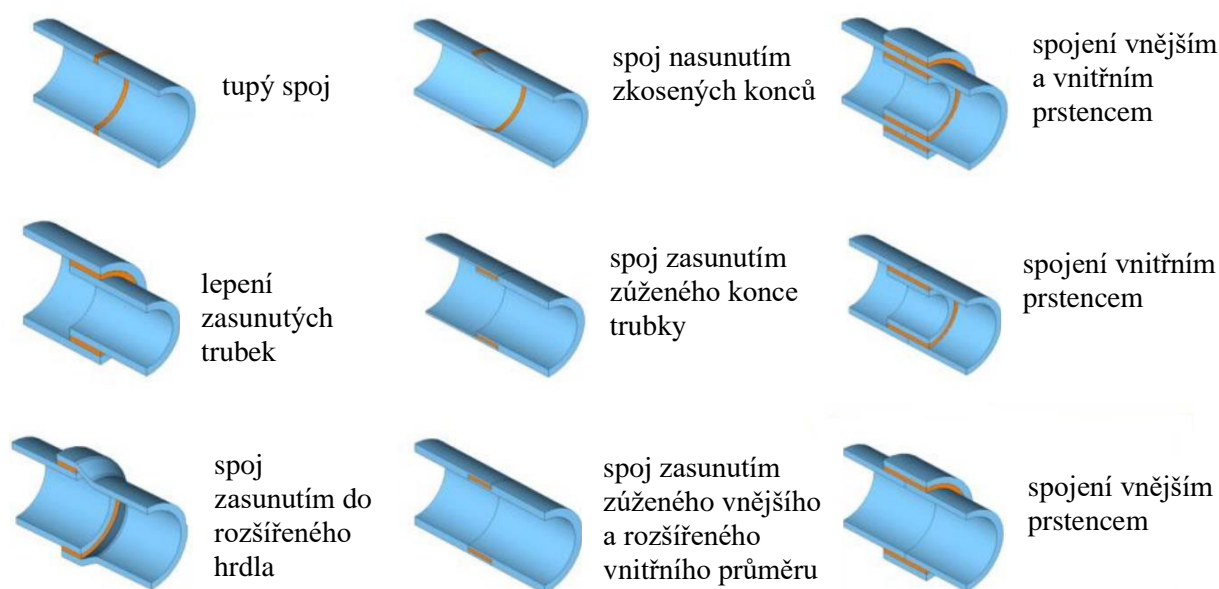


Obr. 33 Pískování trubek [84]

2.4.2 Typy spojů [80], [81]

Před samotným lepením musí být vhodně vybrán typ spojení, a to podle situace, ve které bude spoj fungovat. Bude-li například trubkami proudit kapalina, vyloučí se lepení zasunutých trubek a jakékoliv spojení s vnitřním prstencem, které by způsobovalo nevhodné vnitřní proudění a změnu tlaku, což by mohlo mít negativní dopad. Proto by se raději v tomto případě zvolilo zalepení s vnějším prstencem.

Spoj se vytváří nanesením lepidla na stykové plochy a jejich následným zasunutím s rotačním pohybem nebo přitlačením. Druhá možnost, jak zavést pojivo mezi spojované materiály, je u případu lepení trubek o větším průměru vnějším prstencem, do kterého se na spodní a vrchní straně vyvrtají díry pro zapuštění pojiva. Zespolu je tlakem lepidlo vháněno mezi trubku a prstenec, kde je ponechána dostatečná vůle, aby došlo ke kompletnímu zatečení. Vrchní díry fungují jako ukazatel míry zalepení. Na obr. 34 je vyobrazena většina typů spojení, kde oranžová barva symbolizuje lepidlo.



Obr. 34 Způsoby spojení [80]

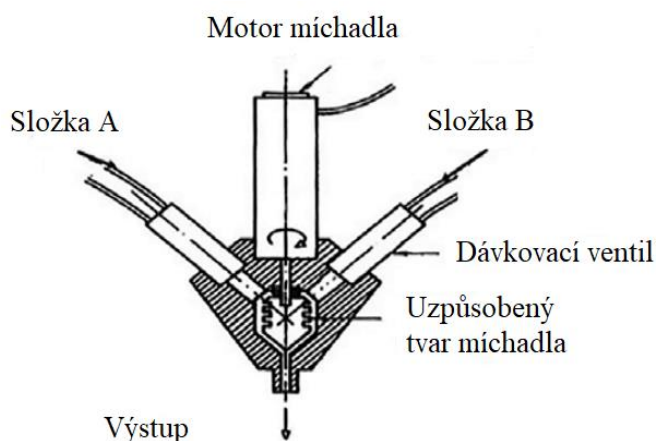
2.4.3 Lepidla [81], [79], [85], [86], [87], [88], [89], [90]

Po přípravě stykových ploch a výběru typu spojení nastává nanesení lepidla, které se podle své struktury rozprostírá na jednu ze spojovaných ploch nebo na obě. Výslednou kvalitu spoje ovlivňuje tloušťka a způsob nanesení lepidla, doba a způsob vytvrzování, příprava povrchu a lepidla, nebo podmínky, ve kterých je utvářen. Proto je při práci vyžadováno dodržení předpisů výrobce, které se s rozdílným složením liší.

Lepidlo je převážně vybíráno podle požadované pevnosti spoje, ceny nebo technologie zpracování, ale při volbě hrají roli i faktory jako např. viskozita, povrchové napětí, bod vzplanutí, způsob vytvrzování, mechanické a chemické vlastnosti nebo tepelná roztažnost.

Podle počtu složek, ze kterých je výsledná směs tvořena se dělí na jednosložková lepidla, která jsou připravena přímo k nanesení na plochu a obvykle vytvrzována vzdušnou vlhkostí nebo teplem, a vícesložková. Ta jsou typická tím, že výsledná směs k provedení spoje se utváří smícháním dvou či více složek, kdy má následně omezenou dobu k vytvoření spoje, než ztratí schopnost lepení a tedy vytvrdne. Čím je doba zpracování pro smíchání větší, tím

stoupá pevnost spoje. Musí se dbát na poměr složek, což je stanoveno výrobcí. Ti také přišli s výrobou dávkovacích stříkaček (obr. 36) a směšovačů (obr. 35), přes které se obě složky smíchají a vytvoří výslednou směs. Teplo pomáhá u dvousložkových lepidel k následnému vytvrzování, ať už předeřtím spojovaných dílců nebo zahřátím výsledného spoje.



Obr. 35 Dynamický směšovač [79]



Obr. 36 Stříkačky [85]

Pro lepení kovových trubkových dílců se nejčastěji využívají následující druhy lepidel.

- **Epoxidová** – tento typ lepidel je vyráběn v jednosložkové, dvousložkové nebo vícesložkové formě. Nejčastější využití lze najít právě u dvousložkových neplněných lepidel, které splňují výhradně funkci lepení, a dvousložkových plněných, jenž obsahují ve svém objemu částice kovů a jsou schopny kromě lepení i vyplňovat prostor mezi materiály. Pro lepení menších a méně složitějších spojů vystačí rychlé epoxidy, které dosahují pevnosti během 2 až 10 minut. Spoje, zejména tedy konstrukční, vyžadují lepidla s delší dobou zpracovatelnosti, a to až 3 hodiny, kde je manipulační pevnost spoje zaručena po 5 až 6 hodinách a plnohodnotné funkčnosti nabývá po jednom dni. Epoxidová lepidla jsou schopna přetrvat teploty v rozmezí -50°C až 150°C . Smyková pevnost v tahu je důležitá hodnota, která se u vysokopevnostních lepidel pohybuje nad hranicí 20 MPa. Epoxidy sice nejsou doporučovány pro místa vysoce namáhaná, ale vykazují výbornou chemickou odolnost.
- **Polyuretanová** – dvousložková reaktivní lepidla, která jsou využitelná i za nízkých teplot a odolná vůči dynamickému namáhání, chemickým změnám, vodě či vzduchu. Formy na bázi methakrylátových esterů vykazují pevnost až 24 MPa s tepelnou odolností od -50°C až 150°C . Chemická odolnost bývá ale většinou nižší než u zmíněných lepidel epoxidových.
- **Kyanoakrylátová** – jednosložková reaktivní lepidla, u kterých dochází k velice rychlému vytvrzování už při pokojové teplotě a kontaktu s vlhkým vzduchem. Pokud je ale vlhkost nad 90 %, vytvrdne sice rychle, ale sníží se tím výrazně pevnost. Ideální je tedy, aby humidita byla okolo 40 % až 70 %. Některé typy na této bázi jsou schopny přilnout i k povrchu poniklovanému nebo pozinkovanému.
- **Anaerobní** – jednosložková tekutá hmota na bázi methakrylátové pryskyřice, jenž je vytvrzována zamezením vzduchu. Vysoká viskozita umožňuje zatečení do spoje a vytvoření pevného celku. Jsou odolná vůči teplotě až 230°C , většině chemických látek, dynamickému namáhání a tlakům. Při spojování některých z pasivních materiálů pro tento typ lepidla, jako např. nerezová ocel, zinek, hliník, pomáhá aktivátor. Ten mění pasivní povrch na aktivní a ulehčuje tedy vytvrzování a celý proces lepení.

2.4.4 Výhody a nevýhody [79], [80], [81], [90]

Lepené spoje nevykazují žádný tepelný vliv na strukturu, nedeformují konstrukční díly, lze kombinovat různé typy materiálů, vykazují schopnost tlumení chvění a při správném vytvrzení dobrou dynamickou pevnost. Při dodržení postupu těsní před únikem nebo vniknutím vody, plynu či prachu. Konstrukce nebo jakékoliv systémy lepením nenabývají na hmotnosti a výsledný vzhled zůstává neponičen. Rovnoměrně rozkládá pnutí a je zaručena tepelná i elektrická vodivost. Výhodou lepení je taktéž jeho kombinace s dalšími metodami jako např. šroubení. Pomáhá tedy i jako těsnění trubkových závitových spojů.

Nevýhodou je naopak náročnější důležitá úprava stykových ploch před samotným spojením. Celková pevnost není v současné době až tak vysoká jako u ostatních zmíněných metod a při aplikaci u větších průměrů jsou zapotřebí vysoké náklady na lepidlo a případné nedestruktivní zkoušení kvality, což ve většině případů nemůže konkurovat např. svařování. Pokud se tedy chce dosáhnout co největší pevnosti, vytvrzování musí být v klidné poloze a trvá v rádech hodin. Jedná se o špatně rozpojitelný spoj a tepelná odolnost nebývá vysoká.

2.5 Závitové spojení [91], [92], [93], [26], [2], [94], [95], [96], [97], [98]

Whitworthův závit, jenž byl vynalezen v polovině 19. století britským konstruktérem a vynálezcem Josephem Whitworthem, dal základ spojování trubkových dílců závitem. V dnešní době už se vyloženě čistě k tomuto typu závitu nepřiklání. Využívá se závitů trubkových, které mají právě jeho základ. Profil závitu 55° je podle britského standartu (BSPT) a 60° dle amerického (NPT). Rozdíl od svého předchůdce je ve velikosti stoupání a tedy i hloubce závitu. Z toho se dá usoudit, že trubkový je považován za jemnější. Trubkové závity jsou normalizovány podle normy ČSN ISO 7-1 a dělí se na typy:

- válcový – zpravidla se jedná o vnitřní závit trubek, fitinek či armatur. Je značen písmenem G a vnitřním průměrem trubky, pro kterou je připraven. Schéma na obr. 38,
- kuželový - jeho průměr se mění v poměru 1:16. Nejčastěji funguje jako vnější závit, ale v některých případech i jako závit vnitřní. Symbolizuje ho písmeno R taktéž s vnitřním průměrem trubky, na které je vytvořen.

$$H = 0,96024 \times P$$

$$h = 2/3H$$

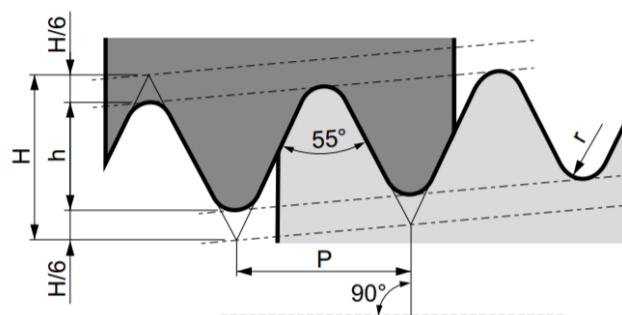
$$r = 0,13728 \times P$$

výška zákl. trojúhelníku H

výška závitu h

rádius r

stoupání p



Obr. 37 Trubkový kuželový závit [93]

$$H = 0,96049 \times P$$

$$h = 2/3H$$

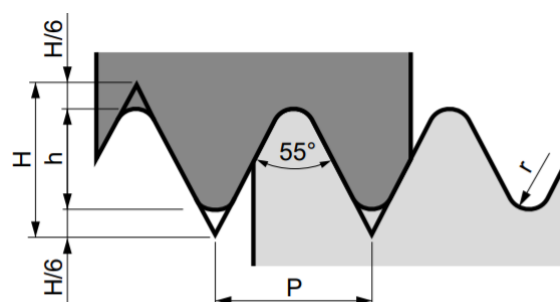
$$r = 0,13733 \times P$$

výška zákl. trojúhelníku H

výška závitu h

rádius r

stoupání p



Obr. 38 Trubkový válcový závit [93]

Kombinací těchto dvou typů závitů se při utahování spoj více a více utěsňuje. Když by ale byly použity dva válcové, k žádnému utažení by nedošlo, protože mají v každém místě stejný průměr. Princip závitového spojení je tedy založen na vzájemném utahování vnějšího a vnitřního pravotočivého či levotočivého závitu, který je vyřezán pomocí závitníku, případně vyfrézován nebo vysoustružen v materiálu s dostatečnou tloušťkou stěny profilu.

Jelikož se tento typ spojení využívá i u rozvodů plynu či vody, musí být zaručena jejich těsnost a to samotné zašroubování nesplňuje. Využívá se několik možností, jak zajistit plnou těsnost:

- teflonové pásky – ideální pro méně zatěžované spojení. Při neopatrné manipulaci hrozí jejich protržení a za vysokého tlaku může v některých případech dojít k deformaci a úniku proudící látky,
- konopná vlákna – namotávání probíhá ve směru hodinových ručiček do profilu závitu,
- těsnící tmely a lepidla – jednoduchá aplikace spočívá pouze v nanesení do místa se závitem. Mohou napomáhat i jako ochrana před korozí,
- těsnící kroužky – gumová či plastová součást šroubení, která se při dostatečném utažení závitu a tedy působením tlaku roztáhne a zaručuje těsnost.

V praxi často dochází ke kombinaci již zmíněných možností, a to např. nanesení tmelu a namotání vlákna, nebo použití pásky s následnou aplikací tmelu. Ve většině případů to pak tedy zlepšuje konečný těsnící efekt.

Konečné utažení nestačí pouhou rukou, ale musí být provedeno nějakým typem utahovacího zařízení. Pokud se jedná například o spojení s převlečnou maticí nebo fitinkou s maticovým vnějším profilem, využívá se utahovacích klíčů o různých velikostech. Je-li potřeba utáhnout tvarovku či trubku jiného profilu, volí se univerzální stavitelný klíč, tzv. hasák, viz obr. 39, který se přizpůsobí potřebnému rozměru a tvaru, jenž má být utažen.

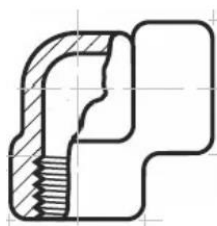


Obr. 39 Hasák [98]

2.5.1 Armatury [2], [99], [97], [100], [101], [102], [103]

V praxi se lze u některých konstrukcích setkat i se zašroubováním jedné trubky do druhé. Pravidelně se ale k tomuto závitovému spojování používají součásti zvané armatury, které se pak podle své funkce dále dělí.

Fitinky neboli tvarovky mají funkci prodlužovací, redukční, mění směr rozvodu, přidávají další odbočky apod. Jsou vyráběny např. z bronzu, mosazi nebo nerezové oceli. Na obr. 40 je názorná tvarovka, jenž způsobuje změnu směru napojováním dalších trubkových dílců a tedy i případné vedení vnitřní proudící látky. Nevyužívá se jen fitinek, do kterých se šroubují a utahují komponenty z obou či více stran, ale i typy, jenž kombinují šroubení s lisováním nebo pájením, viz obr. 41.



Obr. 40 Koleno s 90° [97]



Obr. 41 Lisovací tvarovka se šroubením [100]

Dalším typem armatur jsou takové, které určitým způsobem ovlivňují rozvod kapalin či plynů v celé soustavě nebo její části. Podle jejich funkce jsou tyto armatury rozděleny na uzavírací (obr. 42), které slouží na uzavírání a vypouštění plynů či kapalin, dále pak regulační (obr. 43), jenž kontrolují látku proudící v rozvodu, aby byly zaručeny veškeré požadavky a bezpečnost soustavy, a pojistné (obr. 44), u kterých se při zvětšení vnitřního tlaku ventil otočným způsobem otevře a vypustí tak část vody nebo plynu, čímž tedy zamezí nebezpečnému přetlaku.



Obr. 42 Uzavírací ventil [103] Obr. 43 Regulační ventil [101] Obr. 44 Pojistný ventil [102]

2.5.2 Výhody a nevýhody [97]

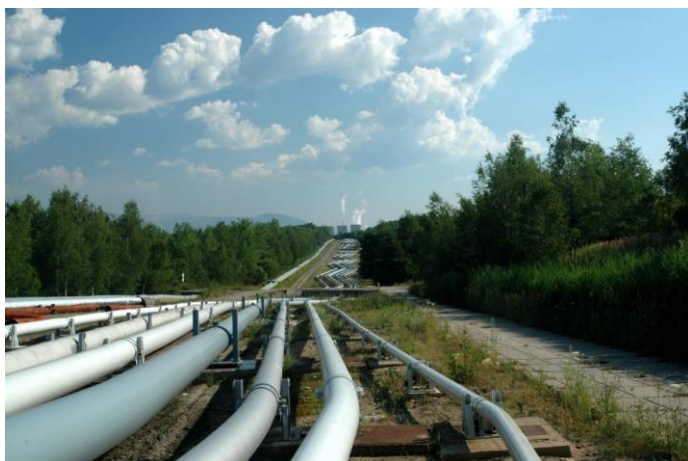
Hlavní výhodou závitových spojů je schopnost bezproblémové opravy. Jelikož se jedná o rozebíratelný spoj, v případě nutnosti jakékoliv úpravy nebo opravy konstrukce je možné jednotlivé dílce rozpojit a problém tak odstranit. Rychlá instalace, která nevyžaduje žádné speciální znalosti o metodě, a je snadno proveditelná.

Vysoký tlak nebo teplota nevyhovuje této zmíněné metodě spojování. Mohou narušovat celistvost spoje a tím zapříčinit unikání látek ze soustavy. Taktéž většina kovových materiálů podléhá korozi, nachází-li se v prostředí podněcující tuto reakci. V tomto případě mohou pomoci různé nátěry nebo korozivzdorný materiál. Výsledný spoj je pevný, ale nevykazuje takové hodnoty jako např. svařování.

3 POUŽITÍ V PRAXI [104], [105], [106], [2], [107], [61], [108], [109], [110], [111]

V praxi se lze v dnešní době setkat se spojováním trubkových dílců a tedy tvorbě konstrukcí opravdu všude, a to od nejmenších rozměrů až po rozměry kolosální. Několik příkladů je uvedeno níže.

- Ropovody IKL a Družba – IKL (obr. 45) neboli ropovod Ingolstadt rozvádí ropu ve svařovaném potrubí o průměru 700 mm a celkové délce 347 km. Z toho 169 km je na území České republiky, pro kterou má významný přínos, jelikož dodává 38 druhů ropy. Družba (obr. 46) je všeobecně známý pojem. Jedná se o nejdelší ropovod světa s vnitřními průměry svařovaných trubek 700, 500 a 350 mm. Konkrétně 473 km prochází ČR.



Obr. 45 Ropovod IRL [104]



Obr. 46 Historická výstavba Družby [105]

- Plynovody – zemní plyn, který proudí z Ruska či Německa do České republiky, je veden potrubím o průměru 700 mm. Na obr. 47 je zachycen transport plynu.
- Vodovody, teplovodní a teplovzdušné zařízení – u teplovodních rozvodů se ze zdroje trubkami rozvádí teplo do různých prostorů pomocí proudící vnitřní látky, tedy vody. Naopak teplovzdušné vytápěcí zařízení využívá proudící teplé vody k ohřátí přítomného vzduchu. Vedení vody měděnými trubkami je na obr. 48.



Obr. 47 Transport plynu [106]



Obr. 48 Rozvod vody [107]

- Instalace požárních systémů – nazývané také Sprinklerový automatický systém, viz obr. 49, který slouží k hašení vzniklého požáru přímo nad plameny. Funkce je taková, že při nárůstu teploty v systému praskne ampulka a automaticky se tak spustí hašení.
- Konstrukce – spojováním trubek lze dosáhnout od jednoduchých konstrukcí v domácnosti až po složitější a rozsáhlé jako např. v automobilovém průmyslu (obr. 50), stadiony (obr. 51) či letištní haly (obr. 52).



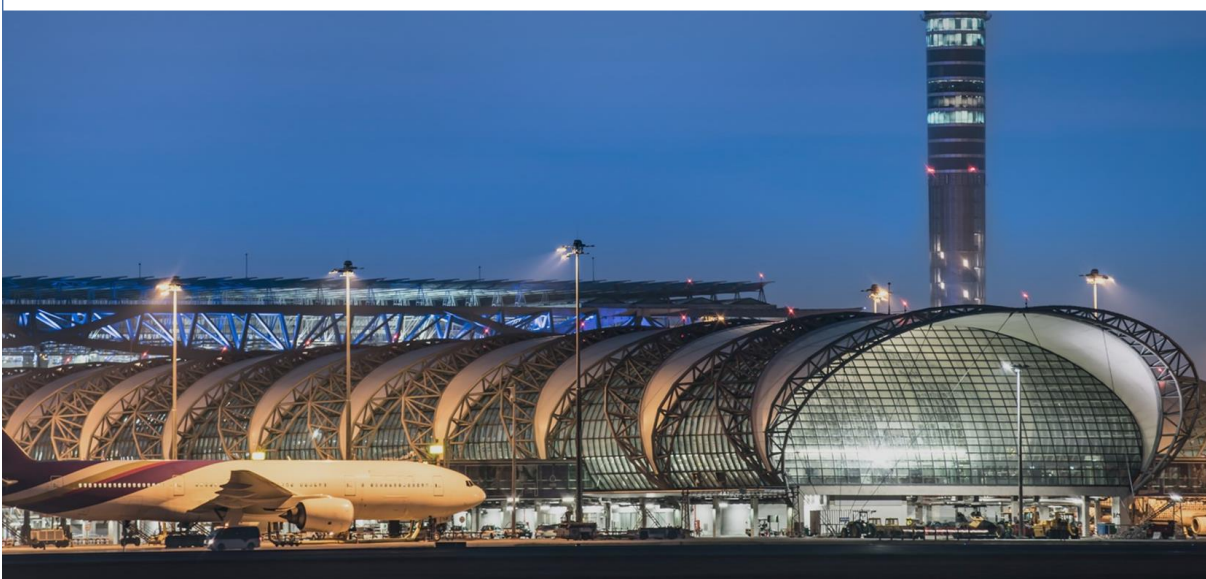
Obr. 49 Požární systém [108]



Obr. 50 Výfuk automobilu [109]



Obr. 51 ANZ stadion v Sydney [110]



Obr. 52 Letiště v Bangkoku [111]

5 ZÁVĚRY

Bakalářská práce byla zaměřena na výčet metod, kterými lze v současné době spojovat trubkové dílce. Pomocí získaných informací z vhodně vyhledaných a zvolených zdrojů byl vytvořen přehled způsobů přípravy základních polotovarů, výčet uplatnitelných metod společně s využívanými stroji a nástroji, následované výhodami a nevýhodami. Nakonec bylo uvedeno několik případů, kde se lze s trubkovými spoji v praxi setkávat.

V první části byly představeny možnosti, jak dané komponenty na spojování připravit. Jedná se o velice důležitý krok, jelikož kvalita a stav povrchu základních materiálů má podstatný podíl na výsledných vlastnostech utvářeného spoje.

Druhá kapitola obsahuje výčet několika základních metod spojování a to konkrétně pájení, svařování, zalisování, lepení a v neposlední řadě spojení závitové. Každá metoda na sebe váže určité výhody a nevýhody, kdy jejich volba záleží na okolnostech, jako je požadovaná pevnost, životnost, druh materiálu a jeho vlastnosti či parametry, zda je v budoucnu očekávána jejich výměna případně rozložení. Dále pak závisí na prostředí, ve kterém je spoj vytvářen nebo bude v nadcházející době fungovat, tedy jakým bude podléhat tlakům, teplotám, reakcím apod. V současné době je na výběr z několika metod, jenž jsou v práci uvedeny, pomocí kterých lze dosáhnout úspěšného spojení.

V poslední části je uvedeno několik příkladů z praxe, kde se s výslednými trubkovými systémy či konstrukcemi je možné setkat, v domácnosti počínaje, přes těžký průmysl a náročné stavby konče.

Existují ještě další metody, jak spojovat trubkové dílce, ale vzhledem k rozsahu této bakalářské práce zde zmíněny nejsou. Jedná se například o spojení nýtové nebo přírubové.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [112]

1. SAMEK, Radko, Eva ŠMEHLÍKOVÁ a Zdeněk LIDMILA. *Speciální technologie tváření: Část II.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4406-5.
2. LUPTÁK, Ladislav a Lubomír ŠMARDÁ. *Učební text pro obor Instalatér 1. ročník* [online]. Brno, 2016 [cit. 2021-5-12]. ISBN 978-80-88058-26-7. Dostupné z: <https://publi.cz/books/170/Cover.html>
3. DVOŘÁK, Karel. Historie svařování v českých zemích: Úvod do historie svařování. *Česká svářečská společnost ANB* [online]. 2008 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <http://www.cws-anb.cz/t.py?t=2&i=239>
4. Viega Prestabo - systém trubek a lisovacích tvarovek z povrchově zinkované oceli. *Triker* [online]. © 1993-2021 Triker a.s. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://triker.cz/c-370/Viega-prestabo-system-trubek-a-lisovacich-tvarovek-z-povrchove-zinkovane-oceli/>
5. Svařování kovů. *MBNS* [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.mbns.cz/cs/vyroba-a-sluzby/vyrobní-možnosti/svarovani-kovu>
6. Instalace měděných topných trubek. *Engineer.decorapro* [online]. 2019 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://engineer.decorapro.com/cs/otoplenie/o-drugoe/montazh-mednyx-trub-otopleniya.html>
7. Connection Technology. *Hunting* [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <http://www.hunting-intl.com/connection-technology>
8. HUNGARIAN COPPER PROMOTION CENTRE (HCPC). *Odborná instalace měděných trubek* [online]. Maďarsko, 2006 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: https://www.super-naradi.cz/fotky9226/soubory_ke_stazeni/odborna_instalace_medenych_trubek_ucebnice-navod-pajeni.pdf
9. Řezák na trubky ROLLER. *Naradi-roller* [online]. © 2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.naradi-roller.cz/rezaky-na-trubky-mechanicke#!/rezaky-na-trubky-mechanicke>
10. Ridgid 4-Wheel pipe cutter. *Diamond Tool* [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.diamondtool.net/ridgid-32870-4-wheel-pipe-cutter-42-a-heavy-duty-24-2/product/0/rid%2032870>
11. Reed H6S hinged pipe cutter. *Drainage solutions* [online]. © 2021 The Drainage Products Store [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://drainageproducts.us/reed-h6s-hinged-pipe-cutter-for-steel-stainless-steel-sch40-03130/>
12. Oblouková pila na kov. *Obi* [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: https://www.obi.cz/pily-a-pilniky/obloukova-pila-na-kov-300-mm/p/2022481?wt_mc=gs.pla
13. Elektrická pila ocaska. *Hecht* [online]. © Hecht.cz 2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://cz.hecht.cz/hecht-1571-pila-ocaska>
14. Profesionální řezání: Jaké jsou rozdíly mezi laserem a vodním paprskem. In: *Bystronic Czech Republic s.r.o.* [online]. 2020 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.bystronic.cz/cs/blog/2020/Profesion-ln-ez-n-Jak-jsou-rozd-ly-mezi-laserem-a-vodn-m-paprskem.php>

15. Zařízení Vanad RotCut pro řezání trubek a profilů. *Vanad* [online]. Copyright Vanad, 2018 Ochrana osobních údajů [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://vanad.cz/cs/vse-ke-strojum/doplnkove-technologie/rezani-do-trubek-a-profilu>
16. Dělení a příprava trubek/potrubí. *Hladík Pavel - HP profesionální nářadí* [online]. 2021 © Hladík Pavel - HP [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.reed.cz/deleni-a-priprava-trubek-potrubu/>
17. Battery cutter. *Holmatro* [online]. © Holmatro 2021 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.holmatro.com/en/industrial/battery-cutter-bcu-05-10#info>
18. LENFELD, Petr. *Technologie II - 1. část, tváření kovů* [online]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005 [cit. 2021-5-14]. ISBN 80-737-2020-5. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/06.htm#063
19. RIDGID Vnitřní-vnější odhrotovač. *Ridgid Tools* [online]. [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://ridgidtools.cz/ridgid-vnitri-vnejsi-odhrotovac-v-provedeni-z-tvrzene-oceli-->
20. Vnitřní a vnější odhrotovač pro Cu, Al trubky. *Boukal* [online]. © 2021 BOUKAL s.r.o. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/vnitri-a-vnejsi-odhrotovac-pro-cu-al-trubky-pr-6-35-mm/14129/produkt>
21. Pilování. *ELUC* [online]. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1132>
22. Sada pilníků 5 dílů 2 tona expert E020613. *Tona Expert* [online]. 2021 © Tona Expert a Facom [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.tonaexpert.cz/pilniky/sada-pilniku-5-dilu-sek-2-tona-expert-e020613/>
23. BARTOŇOVÁ, Renáta. *Technologie broušení* [online]. Kopřivnice. 2012 [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U01_Technologie_brouseni.pdf
24. Univerzální hrotová bruska Bernardo URS 1000 N s digit. odměřováním. *Boukal* [online]. © 2021 BOUKAL s.r.o. [cit. 2021-5-12]. Dostupné z: <https://www.boukal.cz/univerzalni-hrotova-bruska-bernardo-urs-1000-n-s-digit-odmerovanim/850/produkt>
25. KUBÁLEK, Jaroslav. Pájení kovů. *KONSTRUKCE Media, s.r.o.* [online]. Ostrava, 2012 [cit. 2021-5-12]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://old.konstrukce.cz/clanek/pajeni-kovu/>
26. Technické normy. *Normy.biz* [online]. © 2003 - 2021 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/>
27. DKI. *Odborně správně provedená instalace měděných trubek* [online]. Düsseldorf, 1999 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: https://www.tzb-info.cz/soubory/prirucka_cu_dki.pdf
28. KELČA, Mojmir. *Měděné trubky a tvarovky v technických zařízeních budov* [online]. 3. vydání. ERI European Copper Institute Ltd., Budapest, 2018 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: https://issuu.com/copperinarchitecture/docs/prirucka_montazni_medene_trubky_a5_2018_web
29. Cu tvarovky - pájecí. *TOPENILEVNE* [online]. © 2007-2020 [cit. 2021-5-14]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/cu-tvarovky-pajeci-c1372/>
30. How to correctly solder a copper pipe. *Instructables* [online]. 2018 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.instructables.com/How-to-CORRECTLY-Solder-a-Copper-Pipe/>

31. VOESTALPINE. *Let's braze together: Brazing basics, materials, solders, fluxes* [online]. Leoben, Austria, 2019 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.voestalpine.com/welding/Brands/Fontargen-Brazing>
32. Bernzomatic SWSF100 28g Solder Water Plumbing Flux. *Sydney Tools* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://sydneytools.com.au/product/bernzomatic-swsf100-28g-solder-water-soluble-plumbing-flux>
33. DÍLNA: Pájení ohněm i elektřinou. *Dům a byt* [online]. 2019 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://www.dumabyt.cz/rubriky/stavba/svepomoci/dilna-pajeni-ohnem-i-elektřinou_27188.html
34. Univerzální zařízení pro 3 plyny AMS 10/10 ROTHENBERGER RE 17. *Peddy* [online]. © 2021 PEDDY.cz [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.peddy.cz/naradi-dilenske-naradi-svarecky-autogenni-technika/univerzalni-zarizeni-pro-3-plyny-ams-10-10-rothenberger-re-17#box-popis>
35. Elektrický přístroj na měkké pájení ROTHENBERGER ROTHERM 2000. *Peddy* [online]. © 2021 PEDDY.cz [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.peddy.cz/naradi-dilenske-naradi-svarecky-pajeci-pristroje/elektricky-pristroj-na-mekke-pajeni-rothenberger-rotherm-2000>
36. PARINAM, HarishReddy. Advantages and disadvantages of soldering. In: *Mechanical education* [online]. 2019 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <http://www.mechanicaleducation.com/2019/01/advantages-and-disadvantages-of-soldering.html>
37. KOPELIOVICH, Dmitri. Soldering. *Substech: Substances and technologies* [online]. 2012 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=soldering>
38. KUBÍČEK, Jaroslav. *Technologie svařování: Studijní opory pro výuku v kurzech 5TE, ETV, ETV-K* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/svarovani/img/opory/technologie_svarovani_5te_etv_etv-k_kubicek.pdf
39. LAPŠANSKÁ, Hana. *Přehled metod svařování* [online]. UPOL 2009-2012 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: http://fyzika.upol.cz/cs/system/files/download/vujtek/granty/lapsanska_prehled_metod_svarovani.pdf
40. Svařování | sváření | vše o sváření. In: *Svářecí kukla* [online]. Copyright 2021 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.svarcikukla.cz/blog/svarovani-svareni-vse-o-svareni/>
41. TICHÝ, Jiří. Nové metody svařování: LASERHYBRID. *Svarinfo: magazín praktického svařování* [online]. 2009 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2009050102>
42. BENEŠ, Libor. *Svařování: UT1 Přehled svařování T08* [online]. 2014 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani.html>
43. Svařovací metody. *Schinkmann: svářecí technika* [online]. 2021 © Schinkmann s.r.o. [cit. 2021-3-19]. Dostupné z: <https://www.schinkmann.cz/svarovaci-metody>
44. Getting started with TIG welding. *Yeswelder* [online]. 2020 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://yeswelder.com/blogs/yeswelder/tig-welding>
45. Acetylen čistý, svazek: Detaily produktu. *Linde Gas a.s.* [online]. Linde 2021 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.linde-gas.cz/shop/cs/cz-ig/plyny-a-z/acetylen/acetylen-%C4%8Dist%C3%BD-svazek-302-2#>

46. Svařování: Svařování plamenem. *Mechmes.websnadno.cz* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: https://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-t2-08_svarovaniplamenem.pdf
47. JANURA, Josef. Barevné označování tlakových lahví. *Hradec Králové* [online]. 2015 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.hradeckralove.org/barevne-oznacovani-tlakovych-lahvi/d-55366>
48. ČESKÝ SVÁŘEČSKÝ ÚSTAV S.R.O. Svařování metodou 311 - plamenem. *Svarinfo: magazín praktického svařování* [online]. 2007 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.svarbazar.cz/phprs/view.php?cislocclanku=2007010802>
49. Základní metody svařování. *Svářečky-elektrody* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.svarecky-elektrody.cz/zakladni-metody-svarovani/t-87>
50. Svařování elektrickým obloukem: Zařízení pro svařování elektrickým obloukem. *ELUC* [online]. [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://eluc.ikap.cz/verejne/lekce/1806>
51. Konfigurace MicorMIG 500. *LORCH smart welding* [online]. Copyright Lorch 2019 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.lorch.eu/cs/svet-produktu/micormig-500/>
52. Základy svařování MIG/MAG. *Ewm - group* [online]. © Copyright 2021 EWM AG [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.ewm-group.com/cs/fachwissen/mig-mag-schweissen-grundlagen.html>
53. TIG Welding 101. *MillerWelds* [online]. 2017 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.millerwelds.com/resources/article-library/tig-welding-101>
54. Pressure welding. *KEYENCE* [online]. Copyright (C) 2021 KEYENCE CORPORATION [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.keyence.com/ss/products/measure/welding/pressure/>
55. CHLUDZINSKI, Mariane, Rafael Eugenio DOS SANTOS, Daniela Ramminger PISSANTI, Filipe Cantelli KROEFF, Fabiano MATTEI, Giovani DALPIAZ a Marcelo Torres PIZA PAES. Full-scale friction welding system for pipeline steels. *Journal of Materials Research and Technology* [online]. 2019, 8(2), 1773-1780 [cit. 2021-5-15]. ISSN 22387854. Dostupné z: <http://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.12.007>
56. ZAMANI, Ehsan a Gholam Hossien LIAGHAT. Explosive welding of stainless steel-carbon steel coaxial pipes. *Journal of Materials Science* [online]. 2012, 47(2), 685-695 [cit. 2021-5-15]. ISSN 0022-2461. Dostupné z: <http://doi.org/10.1007/s10853-011-5841-9>
57. LATHABAI, Sri. Joining of aluminium and its alloys. *Fundamentals of Aluminium Metallurgy* [online]. Elsevier, 2011, 2011, , 607-654 [cit. 2021-5-15]. ISBN 9781845696542. Dostupné z: <https://doi.org/10.1533/9780857090256.3.607>
58. Friction welding. *OpenLearn* [online]. 2018 [cit. 2021-5-15]. Dostupné z: <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/engineering-technology/manupedia/friction-welding>
59. MORAVEC, Jan. Svary na potrubí trápí po Dukovanech i Temelín. *OEnergetice* [online]. 2015 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrarny-cr/svary-na-potrubu-trapi-po-dukovanech-uz-i-temelin>
60. Advantages and Disadvantages of Welding Joint. *Minaprem: Micro, Nano and Precision Manufacturing* [online]. © 2021 Minaprem.com [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: http://www.minaprem.com/joining/welding/introduction/advantages-and-disadvantages-of-welding-joint/#google_vignette

61. RACCORDERIE METALLICHE. *Technická příručka* [online]. 2009 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.gienger.cz/wp-content/uploads/2015/04/steelpres_tecnicka_prirucka.pdf
62. BAMBL, Matthias. Pressing technology for piping connections - Basic Knowledge. *KWD globalpipe: market reports and news on plastic pipes and fittings* [online]. 2010 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.globalpipe.de/news-pressing-technology-for-piping-connections-basic-knowledge>
63. Systémy: Lisovací fitinky. *Heco* [online]. © 2020 heco gmbh [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.heco.de/cz/uslechtila-ocel/systemy/lisovaci-fitinky.html>
64. KOTROUŠ, Miroslav. Instalační systémy s lisovacími tvarovkami: nejčastější chyby při montáži. *IVAR CS* [online]. Podhořany, 2018 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.ivarcs.cz/clanky/instalacni-systemy-s-lisovacimi-tvarovkami-nejcastejsi-chyby-pri-montazi-43/>
65. M-PRESS Fittings. *Plumbing for less* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.plumbingforless.co.uk/mpress-fittings>
66. Difference between M and V profile. *FRABO* [online]. © 2021 FRA.BO S.p.A. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.frabo.com/eng/media-center/focus-on/difference-between-m-and-v-profile>
67. *DVGW* [online]. © DVGW e.V. 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.dvgw.de/der-dvgw>
68. STUTZ, Billy. Why use press fittings? The top 5 reasons. *FERGUSON* [online]. 2018 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.ferguson.com/content/trade-talk/tricks-of-the-trade/why-use-press-fittings>
69. *Copper Couplings: NIBCO* [online]. Copyright © 2021 Ferguson Enterprises [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://www.ferguson.com/product/nibco-12-in-press-repair-wrot-copper-coupling-less-stop-npc6011dd/_/R-3033922
70. Jak vybrat lisovací kleště? *Ant PROFITTOOLS* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://antprofitools.cz/jak-vybrat-lisovaci-kleste-152>
71. HODBOŮ, Josef. Prověření funkčnosti lisovacího zařízení. *TZB-info* [online]. 2018 [cit. 2021-5-17]. ISSN 1801-4399. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/naradi-vybaveni-zkouseci-technika-a-ochrann-pomucky/17538-provereni-funkcnosti-lisovaciho-naradi>
72. Radiální ruční lis ROLLER Easy-Press. *GEROtop* [online]. © 2021 [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://www.naradi-roller.cz/radialni-rucni-lis-roller-easy-press>
73. RIDGID lisovačka RP 340-C síťová s třemi čelistmi. *Ridgidtools* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: https://ridgidtools.cz/ridgid-lisovacka-rp-340-c-sitova-230v-mozne-i-akku-napajeni-s-tremi-celistmi--0?utm_source=antsk&utm_medium=cta-product&utm_campaign=akovybratlisovacku
74. REMS Akku-Press XL 45 kN 22 V ACC akumulátorové lisovací kleště. *Ant PROFITTOOLS* [online]. [cit. 2021-5-17]. Dostupné z: <https://antprofitools.cz/remis/remis-akku-press-xl-45-kn-22-v-acc-akumulatorove-lisovaci-kleste-170833>
75. A pressing situation. *Reeves Journal 2.0* [online]. Troy: BPN Media, 2014, **94**(3), 34 [cit. 2021-5-18]. ISSN 23290161. Dostupné z: <https://www.proquest.com/docview/1519057705/fulltextPDF/7ED5668AAD67484APQ/1?accountid=17115>

76. GOT2LEARN. How to ProPress Copper Pipes (Pros and Cons). In: *Youtube* [online]. 24.3.2019 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=S5NWZMzPZBA>
77. SANHA. 5 reasons to use press fittings. *KWD globalpipe: market reports and news on plastic pipes and fittings* [online]. 2020 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.globalpipe.de/news-5-reasons-to-use-press-fittings>
78. PAULY, Thomas. *Press-fit fitting systems and stainless steel* [online]. Brussels, 2012 [cit. 2021-5-18]. ISBN 978-2-87997-371-5. Dostupné z: https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/PressFittingSystems_EN.pdf
79. BRÍŠ, Petr, Jiří KUBĚNA a Jan ŠTRKAŇ. *Lepení v praxi*. Praha: Grada Publishing, 2017. ISBN 978-80-271-9260-1.
80. DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION (EUROPEAN COMMISSION). Innovative and competitive new joining technology for steel pipes using adhesive bonding (JoinTech). In: *Research Fund for Coal and Steel* [online]. Brussels, 2013 [cit. 2021-5-18]. ISBN 978-92-79-30378-4. ISSN 1831-9424. DOI:10.2777/24523 Dostupné z: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8b9dfa40-3e9b-4379-a29a-9297de11a1f8#>
81. GREGOR, Miroslav. Lepení kovů. *Lepidla* [online]. Copyright © 2013 - 2016 Z - TRADE s. r. o. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.lepidla.cz/cs/a/lepeni-kovu.html>
82. SUCHY, Ivana. *Handbook of die design: processes – machines – tools*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, c2006, s. 667-669. McGraw-Hill handbooks. ISBN 0-07-146271-6.
83. Pískování. *SodaJet: průmyslové čištění vodou* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <http://sodajet.cz/kontakty/pro-prumysl/>
84. Steel Sandblasting. *VacuBlast: abrasive blasting and protective coating* [online]. © 2021 Vacu-Blast. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://vacublast.com.au/steel-sandblasting-melbourne/>
85. TAJBROVÁ, Lenka. Co je dvousložkové lepidlo a k čemu se používá? *Český kutil* [online]. 2019 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://ceskykutil.cz/clanek-129613-ucinna-dvouslozkova-lepidla>
86. DROBNÝ, Daniel. Dvousložková lepidla (epoxidy). *Lepidla* [online]. Copyright © 2013 - 2016 Z - TRADE s. r. o. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.lepidla.cz/cs/a/dvouslozkova-lepidla-epoxidy.html>
87. Vteřinová lepidla. *VK ložiska* [online]. © 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <http://www.vkloziska.cz/vterinova-lepidla>
88. Vteřinová lepidla 3M Scotch Weld (kyanoakrylátová). *G3* [online]. © 2021G3 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.g3.cz/katalog/lepidla-3m/vterinova-lepidla-3m-scotch-weld-kyanoakrylatova>
89. Použití kyanoakrylátových lepidel. *HF servis* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.hfservis.cz/katalogy/navody-postupy/pouziti-kyanoakrylatovych-lepidel/>
90. Anaerobní lepidla. *HF servis* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.hfservis.cz/produkty/lepidla/anaerobni-lepidla/>
91. SCHMIDT, Mark. Understanding pipe threads: types and designation. In: *CPC* [online]. 2019 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.cpcworldwide.com/Downloads/NPT.pdf>

92. Výroba závitů. *SANDVIK coromant* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.sandvik.coromant.com/cs-cz/knowledge/threading/pages/default.aspx>
93. Výroba závitů. *Dormerpramet* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.dormerpramet.com/Downloads/Poster%20Tap%20Drill%20Chart%20800%C3%97600%20mm.pdf>
94. SUPPLYHOUSE. How to make Threaded Pipe Connections. In: *Youtube* [online]. 2018 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=DdK0YFl23sA>
95. Těsnění trubkových závitů. *VK ložiska* [online]. © 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <http://www.vkloziska.cz/lukopren-tmely-tesneni>
96. O-kroužky. *SITTECH* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.sittech.cz/o-krouzky>
97. DEY, Anup Kumar. Threaded Connections in Piping: Threaded Pipe Fittings. *What is piping* [online]. © 2021 Copyright What is Piping [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://whatispiping.com/threaded-connections-in-piping-threaded-pipe-fittings/>
98. Hasák. *LEBEDA Tools* [online]. Copyright © 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.lebeda.cz/hasak-455mm-3-p7434>
99. Závitové tvarovky. *Triker* [online]. © 1993-2021 Triker a.s. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://triker.cz/k-2905/Instalatersky-material/Zavitove-tvarovky/>
100. Mainox přechod s převlečnou maticí. *Vodateplo* [online]. © 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.vodateplo.cz/mainox-prechod-s-prevlecnou-matici-2-38x54-mm-35016708>
101. DUFKA, Jaroslav a Josef HODBOŇ. Pojistný ventil otopné soustavy. K čemu je dobrý a jak funguje ? *ESTAV* [online]. 2017 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.estav.cz/cz/4662.pojistny-ventil-otopne-soustavy-k-cemu-je-dobry-a-jak-funguje>
102. ESBE Trojcestný termoregulační ventil VTC 312 20-3.2 G1 60°C. *Topenilevne* [online]. © 2007-2020 PROFI-UNION [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.topenilevne.cz/esbe-trojcestny-termoregulacni-ventil-vtc-312-20-3-2-g1-60-c-p55644/#gallery>
103. Uzavírací vřetenové ventily na vodu. *Pan Fitinka* [online]. 2021 © Pan Fitinka [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://eshop.panfitinka.cz/uzaviraci-vretenove-ventily-na-vodu>
104. HRBÁČEK, Jan. Před čtvrtstoletím přitekla do České republiky první ropa ze západu. *Ekonomický deník: informace pro informované* [online]. 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://ekonomickydenik.cz/pred-ctvtstoletim-pritekla-do-ceske-republiky-prvni-ropa-ze-zapadu/>
105. Ropovod Družba. *MERO* [online]. © 2021 MERO ČR [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://mero.cz/provoz/ropovod-druzba/>
106. PREISLER, David. Ruský plyn proudí do Česka již půl století. *O Energetice* [online]. 2017 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/plyn/rusky-plyn-proudi-do-ceska-jiz-pul-stoleti>
107. Copper Pipework Installation. *MPE Plumbing Heating Gas* [online]. © MPE Services 2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.mpeservices.com/portfolio/copper-pipework-installation/>
108. Sprinklerové systémy. *GW SPRINKLER* [online]. © 2016-2021 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.gwsprinkler.pl/cs/produkty/sprinklerove-systemy/>

- 109.MOKŘÍŠ, Jakub. Výfuk auta: má smysl kupovat laděný? A jak vylepšit výkon motoru? *Portál řidiče* [online]. 2020 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.portalridice.cz/clanek/vyfuk-auta-ma-smysl-kupovat-ladeny-a-jaky-to-ma-vliv-na-vykon>
- 110.ANZ Stadium/ Sydney, Australia. *Palram Industries* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: https://www.palram.com/project/anz-stadium-sydney-australia/?redirect_info=CZ,us,Czechia
- 111.International Bangkok Airport. *Amorim Cork Composites* [online]. [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://amorimcorkcomposites.com/en/materials-applications/construction/projects/international-bangkok-airport/>
- 112.*Citace PRO* [online]. 2020 [cit. 2021-5-18]. Dostupné z: <https://www.citacepro.com/info>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
A	Hloubka nasunutí do tvarovky	[mm]
D	Minimální vzdálenost tvarovek	[mm]
H	Výška základního trojúhelníku závitu	[mm]
h	Výška závitu	[mm]
L	Minimální délka trubky	[mm]
p	Stoupání závitu	[mm]
r	Radius závitu	[°]
ACC	Nucený zpětný chod	[-]
BSPT	British Standart Pipe Taper thread	[-]
DVGW	Německý technický a vědecký svaz pro plyn a vodu	[-]
G	Trubkový válcový závit	[-]
IKL	Ingolstadt – Kralupy nad Vltavou – Litvínov	[-]
IPA	Izopropylalkohol	[-]
MAG	Metal Active Gas	[-]
MEK	Metyletylketon	[-]
MIG	Metal Inert Gas	[-]
NPT	National Pipe Thread	[-]
R	Trubkový kuželový závit	[-]
RAL	Značka kvality	[-]
TIG	Tungsten Inert Gas	[-]
UV	Ultrafialové	[nm]
W	Wolfram	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Ukázky spojování [4], [5], [6], [7]	9
Obr. 2 Řezák na trubky o průměru 3-50 mm [9]	10
Obr. 3 Řezák na trubky o průměru 65-100 mm a průměru až 200 mm [10], [11]	10
Obr. 4 Oblouková a elektrická pila [12], [13].....	11
Obr. 5 Kotoučová pila [9]	11
Obr. 6 Řezání trubek laserem [15]	11
Obr. 7 Nůžky na trubky [17].....	11
Obr. 8 Odhrotovač [20].....	12
Obr. 9 Ruční pilníky [22].....	12
Obr. 10 Hrotová bruska [24].....	12
Obr. 11 Typy tvarovek [29]	13
Obr. 12 Značení tvarovek [28].....	13
Obr. 13 Pájení měděných trubek [30]	14
Obr. 14 Tavidlo pro pájení [32]	15
Obr. 15 Chování tavidla při pájení [31]	15
Obr. 16 Hořák na směsi acetylen-kyslík a elektrický odporový pájecí přístroj [34], [35]	15
Obr. 17 Postup pájení [30].....	16
Obr. 18 Tavný svar [44].....	17
Obr. 19 Svařovací soustava [48]	18
Obr. 20 Svařování vpřed [38]	19
Obr. 21 Svařování vzad [38].....	19
Obr. 22 Svařování obalenou elektrodou [50].....	20
Obr. 23 MIG/MAG zařízení [51].....	20
Obr. 24 MIG/MAG [52]	21
Obr. 25 TIG svařování [53]	21
Obr. 26 Tvorba výronku [58].....	22
Obr. 27 Příma spojka a koleno [63]	23
Obr. 28 Příruba a šroubení [63]	23
Obr. 29 V-kontur s těsněním [69]	23
Obr. 30 Hloubka nasututí a délka trubky [61]	24
Obr. 31 Lisovací nástroje [72], [74], [73].....	24
Obr. 32 Postup zalisování [76]	25
Obr. 33 Pískování trubek [84].....	26
Obr. 34 Způsoby spojení [80]	27
Obr. 35 Dynamický směšovač [79]	28
Obr. 36 Stříkačky [85]	28
Obr. 37 Trubkový kuželový závit [93]	29
Obr. 38 Trubkový válcový závit [93]	29
Obr. 39 Hasák [98].....	30
Obr. 40 Koleno s 90° [97].....	30
Obr. 41 Lisovací tvarovka se šroubením [100].....	30
Obr. 42 Uzavírací ventil [103]	31
Obr. 43 Regulační ventil [101]	31
Obr. 44 Pojistný ventil [102]	31
Obr. 45 Ropovod IRL [104]	32
Obr. 46 Historická výstavba Družby [105].....	32
Obr. 47 Transport plynu [106].....	32
Obr. 48 Rozvod vody [107]	32

Obr. 49 Požární systém [108]	33
Obr. 50 Výfuk automobilu [109]	33
Obr. 51 ANZ stadion v Sydney [110]	33
Obr. 52 Letiště v Bangkoku [111]	33

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Druhy, charakteristika, využití a rychlost plamene [38]	19
--	----